

3/3 869

"KLIMA-21" Füzetek

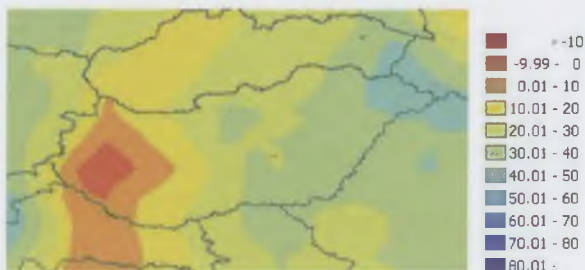
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

A nyári és a téli félév csapadékának változása
2011–2020 között, mm

Nyári félév



Téli félév



Forrás: Gaál M. tanulmánya

A TARTALOMBÓL

Hőmérsékleti extrémumok
várható alakulása
a Kárpát-medencében

Hőhullámok vizsgálata

Talajművelés
a klímaváltozáshoz
való alkalmazkodásban

A klímaváltozás
valószínűsíthető hatásai
a kukorica-
és búzatermelésben

Klimaváltozás
és a fenntartható település

A „Környezet – Kockázat –
Társadalom” (KLIMAKKT)
klímakutatás

„KLÍMA-21” FÜZETEK
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

“CLIMA-21” BROCHURES
CLIMATE CHANGE – IMPACTS – RESPONSES

„KLIMA-21“ HEFTE
KLIMAÄNDERUNG – AUSWIRKUNGEN – LÖSUNGEN

«КЛИМА-21» БРОШЮРЫ
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА – ВЛИЯНИЯ – ОТВЕТЫ

SZERKESZTŐ:

CSETE LÁSZLÓ
c. egyetemi tanár

SZERKESZTŐSÉG:

1093 Budapest, Zsil u. 3–5.
Tel.: 476-3295, Fax: 342-7571
E-mail: csetel@mail.datanet.hu

KIADJA:

MTA–BCE KUTATÓCSOPORT
KLÍMAVÉDELMI KUTATÁSOK KOORDINÁCIÓS IRODA, MTA KSZI

FELELŐS KIADÓ:

HARNOS ZSOLT
akadémikus, egyetemi tanár

ISSN 1218-5329

Készült:
AKAPRINT KFT. BUDAPEST – Felelős vezető: Freier László

TARTALOM

<i>Harnos Zsolt</i> : Előszó	2
<i>Bartholy Judit – Pongrácz Rita – Gelybó Györgyi – Szabó Péter</i> : A hőmérsékleti extrémumok várható alakulása a Kárpát-medence térségében a XXI. század végén .	3
<i>Révész András – Szenteleki Károly</i> : A hőhullámok és a hőmérséklet sztochasztikus viselkedésének vizsgálata	18
<i>Birkás Márta – Jolánkai Márton – Stingli Attila – Bottlik László</i> : Az alkalmazkodó művelés jelentősége a talaj- és klímavédelemben	34
<i>Gaál Márta</i> : A kukoricatermelés klimatikus feltételeinek várható változása a B2 scenárió alapján	48
<i>Erdélyi Éva</i> : A klímaváltozás hatása az őszi búza fejlődési szakaszaira	57
<i>Csete Mária</i> : Klímaváltozás és a települések fenntarthatósága	71
<i>Szenteleki Károly</i> : A Környezet – Kockázat – Társadalom (KLIMAKKT) klímakutatás adatbázis-kezelő rendszerei	89
Summary	116
Contents	121

ELŐSZÓ

A „KLÍMA-21” Füzetek első számában, amely tulajdonképpen a 49. sorszámot viselte, bemutattuk azokat a kutatásokat, amelyek a VAHAVA folytatásaként indultak az elmúlt két évben. Ezek közül a Felkészülés a klímaváltozásra: Környezet-Kockázat-Társadalom (KLIMAKKT) elnevezésű Jedlik Ányos program az, amelyik a VAHAVA kutatási, innovációs folytatása és már két éve indult, így számos eredményről is be tudunk számolni.

A program első két éves tevékenységéről 2007. szeptember végén kellett beszámolni, ami azt jelentette, hogy áttekintettük a kutatási eredményeket, az elmúlt két év publikációs tevékenységét, s ahol az eredmények megértek, előkészítettük azok publikációját. Ebben a kötetben ezek közül adunk közre hetet.

Természetesen nem ennyi volt az összes termés. Az előző két számban további kilenc cikk jelent meg a KLIMAKKT projekt eredményeiről. A két év alatt összesen 299 publikáció jelent meg, beleértve az előadásokat is. Ezek összes impakt faktora 27 fölött van.

A kutatással kapcsolatos publikációk teljes listája megtalálható a KLIMAKKT honlapján, a <http://web.uni-corvinus.hu/mit/> címen. A teljes publikációs listáról látszik az, hogy milyen széles körű tevékenységet folytatunk. Nyilván így sem fed(het)ünk le minden, a klímaváltozáshoz való alkalmazkodást érintő területet, illetve amelyeket művelünk, azok sem tekinthetők teljes körűeknek. Ez fakadhat kapacitás, illetve ismeret hiányából.

Azt szeretnénk kérni a Tisztelt Olvasótól, hogy kritikai észrevételeit, problémafeltáró megjegyzéseit küldje el számunkra, ezzel is segítve munkánkat. Észrevételeik nem csak új, vagy szélesebb körű kutatásokat indíthatnak, hanem elősegíthetik új együttműködések kialakítását is, ami alapvetően fontos a klímaváltozással összefüggő bonyolult rendszer megismeréséhez.

Harnos Zsolt
az MTA rendes tagja
projektvezető

A HŐMÉRSÉKLETI EXTRÉMUMOK VÁRHTÓ ALAKULÁSA A KÁRPÁT-MEDENCE TÉRSÉGÉBEN A XXI. SZÁZAD VÉGÉN

BARTHOLY JUDIT – PONGRÁCZ RITA – GELYBÓ GYÖRGYI – SZABÓ PÉTER

Kulcsszavak: PRUDENCE, minimum- és maximum-hőmérséklet,
melegedés, hőségnapok

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az Európai Unió V. keretprogram által finanszírozott PRUDENCE projekt, az SRES A2 és B2 scenárióra Európára ad becsléseket a XXI. század utolsó három évtizedére. Az alkalmazott regionális éghajlati modellek 50 km-es rácsfelbontással adják meg klíma-előrejelzéseiket. Ezen eredményeket felhasználva foglaljuk össze a hazánk térségére 2071–2100 közötti időszakra a minimum- és maximum-hőmérséklet várható változásait, valamint az ezek alapján definiálható extrém hőmérsékleti indexek várható alakulását. Elemzéseink alapján levonható az az általános következtetés, hogy a Kárpát-medence hőmérséklete egyértelműen melegedő tendenciát mutat. Hasonlóan a globális és európai eredményekhez, a Kárpát-medencére is az A2 scenárió esetén nagyobb melegedés várható, mint a B2 esetén. A melegedés mindkét scenárió esetén nyáron a legnagyobb, s tavasszal a legkisebb. A nyári maximum-hőmérsékletek várható növekedése 4,9–5,3 °C (A2), illetve 4,0–4,4 °C (B2), míg a minimum-hőmérsékleteké 4,2–4,8 °C (A2), illetve 3,5–4,0 °C (B2). A minimum-hőmérsékletek valószínűsíthető növekedése általában kisebb, mint a maximum-hőmérsékleteké.

Az extrém hőmérsékleti indexek elemzése alapján a XX. század második fele két, egymástól eltérő tendenciájú időszakra tagolható: 1961–1975 és 1976–2001. Az extrém indexek többségénél a hetvenes évek közepéig hűlésre utaló tendenciák érvényesültek, majd ezt követően napjainkig melegedést regisztráltunk. Ezek a változások a XXI. század végére várhatóan tovább erősödnek. Különösen jelentős mértékű a hőségnapok, a meleg napok, a meleg éjszakák, a forró napok és a túl meleg éjszakák számának emelkedése (melyek a modellbecslések szerint országos átlagban rendre elérik a 91 %-ot, a 116 %-ot, a 120 %-ot, a 250 %-ot, illetve a 625 %-ot).

A PRUDENCE projekt klímaszimulációiból adódó becslések nem pótolják a dinamikus klímamodellekkel végzendő, a XXI. század egészére kiterjedő regionális vizsgálatokat. A részletes elemzések elkészültéig a klímapolitikusok, gazdasági tervezők számára kiindulásul szolgálhatnak az itt közreadott tendencia jellegű hőmérsékleti információk.

BEVEZETÉS

Az IPCC (Kormányközi Testület a Klímaváltozásról) munkacsoportjainak *Negyedik Helyzetértékelő Jelentései* sorra jelentek

meg 2007-ben. Az első munkacsoport foglalkozott az éghajlatváltozás tudományos hátterével és az éghajlat várható megváltozásának becslésével. E jelentés szerint Európa klímáját befolyásoló legfontosabb folya-

matok: (1) megnövekedett vízgőzforgalom az alacsonyabb földrajzi szélességek felől a magasabb szélességek felé; (2) a légköri cirkuláció évközi, illetve hosszabb időskálán történő változása; (3) a téli hófedettség csökkenése a kontinens északkeleti részén; (4) a mediterrán és a közép-európai térséget érintő csökkenő nyári talaj-víz-tartalom (IPCC, 2007). Például a Közép-Európát érintő 2003-as nyári hőhullámot úgy is tekinthetjük, mint egy hosszan elhúzódó anticiklonális helyzet következményét (Fink et al., 2004), amely jelentős aszályt eredményezett a régióban (Black et al., 2004). A jelentés szerint Európa éves átlaghőmérsékletének növekedése a XXI. század végére várhatóan jelentősen meghaladja a globális melegedés mértékét. A legnagyobb melegedés Észak-Európa térségére télen várható (Benestad, 2005), míg a Földközi-tenger régiójában nyáron. Észak-Európában a téli minimum-hőmérsékletek nagy valószínűséggel jobban növekednek majd, mint a téli átlaghőmérsékletek (Hanssen-Bauer et al., 2005). Közép- és Dél-Európában a nyári maximum-hőmérsékletek várhatóan szintén jobban növekednek majd, mint a nyári átlaghőmérsékletek (Tebaldi et al., 2006). A csapadék éves összege Észak-Európában nagy valószínűséggel nő (Hanssen-Bauer et al., 2005), míg a mediterrán térségben csökken. A két térség határán elhelyezkedő közép-európai régióban az éves összegek várhatóan nem nagyon változnak, viszont a téli csapadék növekedése és a nyári csapadék csökkenése prognosztizálható. A nyári csapadékcsökkenés és a tavaszi párolgásnövekedés következtében a nyári aszályok gyakorisága várhatóan megnövekszik Közép-Európában és a Földközi-tenger vidékén (Pal et al., 2004; Christensen – Christensen, 2004). Az európai melegedéssel szoros összefüggésben a havas napok száma és a hóvastagság az egész kontinensen nagy valószínűséggel csökken (IPCC, 2007).

Az Európai Unió V. keretprogramjának egyik jelentős kutatási projektje volt a PRUDENCE (<http://prudence.dmi.dk>), mely-

ben kilenc európai uniós országból összesen 21 egyetem, nemzeti meteorológiai szolgálat és kutatóintézet vett részt. Ez volt az első klímaváltozással kapcsolatos nemzetközi kutatás Európában, melynél pontosan meghatározott „menetrend” szerint történt a partnerek együttműködése (előre megállapodtak a futtatandó globális és regionális modellekben, azok felbontásában, a céldőszakokban és a vizsgált régióban). A projekt futamideje 2001-től 2004-ig tartott.

A PRUDENCE projekt abból a feltevésekből indult ki, hogy előreláthatóan a klímaváltozások jelentős hatással lesznek az extrém időjárási események gyakoriságára és amplitúdójára, valamint hogy a magasabb hőmérsékletek, az intenzívebbé váló hidrológiai ciklusok a megélnéknél a légköri mozgások a regionális éghajlat megváltozását eredményezik. A kutatás fő célja az európai klímaváltozások kockázatának és hatásainak meghatározása volt regionális scenáriók és bizonytalansági becslések alapján. Ezen belül kiemelt feladatként vállalták a XXI. század utolsó három évtizedére vonatkozó klímabecslések és azok bizonytalanságának számszerűsítését, éghajlati és hatáselemző modellek összekapcsolását, alkalmazkodási stratégiák kidolgozását (Christensen, 2005). 2006 első félévében jelentek meg az első értékelő és összefoglaló publikációk.

Számos meteorológiai paraméterre (pl.: átlaghőmérséklet, maximum- és minimum-hőmérséklet, csapadékösszeg, szél stb.) elkészültek a PRUDENCE projekt keretében az SRES A2 és B2 scenárió (2071–2100 időszak) modellbecslései mind a négy évszakra. Mindegyik paraméterre megtörtént az 1961–1990 időszak kontrolladataival való összevetés, melyhez a Kelet-Angliai Egyetem Éghajlatkutató Osztálya (CRU) által összeállított adatbázist (New et al., 1999) használták fel.

E cikkben elsőként összegezzük a Kárpát-medence térségére a XXI. század végére várható regionális éghajlatváltozási scenáriókat a PRUDENCE modellszimulációk felhasználásával. Az adatbázis vázlatos be-

mutatása után az évszakos maximum- és minimum-hőmérsékletek várható alakulását elemezzük. A cikk második részében az extrém hőmérsékleti indexek értékeit hasonlítjuk össze a XX. és a XXI. század utolsó évtizedeire vonatkozóan.

ADATOK

Finomfelbontású (10–25 km) regionális éghajlati modellek adaptálása Magyarországon jelenleg mind az *Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékén* (Bartholy et al., 2006), mind az *Országos Meteorológiai Szolgálatnál* (Horányi, 2006) folyamatban van. Ezen klímaszimulációk eredményeire előreláthatóan még több évet várni kell, de a felhasználók és a különböző részterületek hatásvizsgálataihoz már most szükségessé lennének az éghajlatváltozási alapszenáriók. Ezt a sürgető igényt kívánjuk kielégíteni azzal, hogy a PRUDENCE projekt eredményeit összegezzük és értékeljük a Kárpát-medence térségére, s így éghajlati becsléseket adhatunk a klímapolitikusoknak, illetve a nemzetgazdaság többi érintett szektorának a XXI. századra. A középhőmérsékletre és a csapadékra vonatkozó regionális szenáriókat korábban már publikáltuk (Bartholy et al., 2007), ebben a cikkben a maximum- és a minimum-hőmérséklet, valamint az ezek alapján definiálható extrém hőmérsékleti indexek várható alakulását elemezzük. E vizsgálatokhoz az A2 szenárió esetén a futtatások közül 16 szimulációt, míg a B2 szenárió esetén 8 szimulációt vettünk figyelembe. Az 1. táblázatban közöljük e szimulációkat végző intézetek listáját, valamint a regionális és globális klímamodelleket, melyek alapján elemzéseinkben a várható hőmérséklet-változásokat bemutató kompozitképeket készítettük. A Kárpát-medencét reprezentáló területnek a 45,25°–49,25°É és 13,75°–26,50°K által kijelölt térséget választottuk. A PRUDENCE szimulációk a XXI. század végére (2071–2100) állnak rendelkezésre, s az alkalmazott referencia időszak 1961–1990.

A VÁRHATÓ MAXIMUM- ÉS MINIMUM- HŐMÉRSÉKLET-VÁLTOZÁS A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN

Az évszakos maximum- és minimum-hőmérséklet várható alakulását vizsgáltuk a 2071–2100 időszakra. Kompozitképeken mutatjuk be az évszakos hőmérséklet-növekedést mindkét paraméterre, a különböző modellek eredményeiből adódó bizonytalanságot pedig a hőmérséklet-változás szóráserővel reprezentáljuk. Az A2 szenáriót alkalmazó 16 modellfuttatás alapján készült várható maximum- és minimumhőmérséklet-változást láthatjuk rendre az 1. és a 2. ábrán, míg a 3. és a 4. ábrán a B2 szenárióra vonatkozó (8 modellszimuláció alapján készített) évszakos mezőket mutatjuk be. Hasonlóan a globális és európai eredményekhez, a Kárpát-medencére is az A2 szenárió esetén nagyobb melegedés várható, mint a B2 esetén. Ugyanezt a sorrendet követve ábrázoljuk az évszakos szórásmezőket (5–8. ábra).

A 2. táblázatban és a 9. ábrán a Magyarország területére várható melegedés mértékét összegezzük a napi maximum-, minimum- és középhőmérsékletre. A legnagyobb melegedés mindkét szenárió és mindhárom paraméter esetén nyáron várható: (1) a maximum-hőmérsékletek várható növekedése 4,9–5,3 °C (A2), illetve 4,0–4,4 °C (B2), (2) a minimum-hőmérsékletek várható növekedése 4,2–4,8 °C (A2), illetve 3,5–4,0 °C (B2), (3) a középhőmérsékletek várható növekedése 4,5–5,1 °C (A2), illetve 3,7–4,2 °C (B2). A legkisebb melegedésre pedig tavasszal számíthatunk: az A2 szenárió esetén mintegy 2,8–3,3 °C-os hőmérsékletnövekedést jeleznek a modellek, míg a B2 szenárió esetén a változás mértéke egyik hőmérsékleti paraméter esetén sem éri el a 3 °C-ot. Amint a számértékekből kitűnik, a minimum-hőmérsékletek valószínűsíthető növekedése általában (tél kivételével) kisebb, mint a maximum-hőmérsékleteké. A hőmérséklet-emelkedés mértéke nyáron

északról dél felé, míg télen és tavasszal nyugatról kelet felé haladva növekszik.

A modellek legnagyobb szórása nyáron (0,8–1,2 °C) figyelhető meg mindkét scenárió esetén (5–8. ábra). A maximum-hőmérséklet várható változásának szórása nagyobb, mint a minimum-hőmérsékleté.

Annak érdekében, hogy a XXI. század végére Magyarországon várható hőmérséklet-változások (átlag, maximum, minimum) területi eloszlását jobban áttekinthessük, a 3. táblázatban összefoglaltuk a téli és nyári melegedés területi gradiens értékeit. Nyáron zonális struktúra figyelhető meg minden paraméter esetén, azaz a várható melegedés mértéke északról dél felé növekszik.

Télen általában meridionális struktúra várható, azaz nyugatról keletre haladva nő a várható melegedés mértéke. Az egyedüli kivétel a maximum-hőmérséklet várható növekedése a B2 scenárió esetén, mely zonális elrendeződést mutat, de ebben az esetben is, ha nagyobb térséget veszünk figyelembe, akkor már itt megjelenik a meridionális gradiens (Christensen, 2005). Tavasszal és ősszel sokkal kisebbek a gradiens értékek, nem haladják meg a 0,4 °C-ot.

A klímamodellek tesztelésére általánosan használt módszer a jelenlegi éghajlat rekonstruálása, melyhez az 1961–1990 időszakot szokták alkalmazni.

A PRUDENCE szimulációk verifikálásához a CRU adatbázist (New et al., 1999) használtuk fel. Általánosságban elmondhatjuk, hogy a szimulációk felülbecslik a hőmérsékletet a Kárpát-medence térségében.

A maximum-hőmérséklet esetén –0,5 °C és +0,5 °C közötti hibát detektáltunk, az alulbecslés területei Magyarország északi részén található (10. ábra). A minimum-hőmérséklet esetén jóval nagyobb értékeket figyelhetünk meg, a hiba eléri az 1–2 °C-ot, s a legnagyobb az ország középső részén (11. ábra).

AZ EXTRÉM HŐMÉRSÉKLETI INDEXEK ALAKULÁSA

Az átlaghőmérsékletek eltolódása mára már globális szinten is érzékelhető. Ez együtt jár az időjárási szélsőségek gyakoriságváltozásával, melynek jelentős következményei lehetnek az iparra, a mezőgazdaságra s a társadalom egészére vonatkozóan. Az 1990-es évek végén nemzetközi összefogással alakult WMO-CCI/CLIVAR munkacsoport (Peterson et al., 2002) a szélsőséges időjárási események jellemzésére közel harminc extrém indexet definiált. Ezeket az indexeket felhasználva számos vizsgálat készült szerte a világban a hőmérsékleti extrém indexek elemzésére (Klein-Tank et al., 2002; Klein-Tank – Können, 2003; Bartholy – Pongrácz, 2005, 2006, 2007).

Mind a középhőmérsékletek, mind az extrém hőmérsékleti paraméterek idősorait tanulmányozva (Pongrácz – Bartholy, 2000) szembevetendő a hetvenes évek közepétől napjainkig jelentkező erős melegedő tendencia. Ezért a hőmérsékleti extrém indexek tendencia-vizsgálatait a teljes 1961–2001-es időszakon kívül, annak két részidőszakára (1961–1975, 1976–2001) is elvégeztük, melyet a 12. ábra foglal össze. Az ábrán a 13 hőmérsékleti extrém index emelkedő, illetve csökkenő trendjei a részidőszakok oszlopai-ban megjelenő Whisker-plot diagram segítségével láthatók. A hideg napok arányának csökkenése, s a hőségnapok számának növekedése egyaránt melegedésre utal, ezért a megfelelő mezők szürke, illetve fehér háttérszínezésével jelöltük az adott időszakok melegedést, illetve hűlést jelentő tendenciáit. A vonalkázott mező jelzi az ETR index (éves hőmérsékleti ingás) tendenciáit, hiszen itt sem a pozitív, sem a negatív trend nem utal melegedésre vagy hűlésre. Az ábra alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le: (1) A detektált trendek előjelei szinte egyik extrém index esetén sem mindannyian pozitívak vagy negatívak. (2) A melegedést jelentő trendek dominálnak. (3) Két index esetében mind a két vizsgált időszakban

egyaránt melegedést jelző trendeket találunk. Ez a Tn10 (hideg éjszakák aránya), Tn-10LT (zord napok száma) esetén csökkenő tendenciát jelent. (4) Az extrém indexek többségénél (HWDI, Tx90, SU, Tx30GE, Tx35GE, Tn20GT) a hetvenes évek közepéig hűlésre utaló tendenciák érvényesültek, majd ezt követően napjainkig melegedést regisztrálhatunk.

Ugyanezen indexek idősorait előállítottuk a svájci ETH intézet regionális modelljének szimulációs mezősorait felhasználva tíz magyarországi állomásra (Budapest, Debrecen, Kalocsa, Miskolc, Mosonmagyaróvár, Pécs, Siófok, Szeged, Szolnok, Zalaegerszeg). A 13. ábrán két hőmérsékleti extrém indexet (a fagyos napok és a nyári napok éves számát, melyeket rendre FD-vel, illetve SU-val jelölünk) hasonlítjuk össze az 1961–1990 referencia időszakra, valamint a 2071–2100 közötti időszakra az A2 scenárió esetén. Mind a tíz vizsgált állomásra egyértelműen látszik a jelentős mértékű változás mindkét paraméternél. A fagyos napok éves száma országos átlagban várhatóan 65%-kal csökken a XXI. század végére, míg a nyári napok éves száma országos átlagban várhatóan 39%-kal növekedni fog. Mindkét változás a Kárpát-medence éghajlatának jelentős melegedésére utal.

A 14. ábrán térképes formában is bemutatjuk a fagyos napok számának várható alakulását. A felső térkép a XX. századi három évtizedes kontroll-időszakban a szimulált napi minimum-hőmérsékleti mezők alapján meghatározott index értékeket ábrázolja. A középső térképen a XXI. század utolsó három évtizedére becsült index érté-

ketek láthatjuk. Az alsó térképen pedig a várható változás mértékét mutatjuk be százaléklában kifejezve. Magyarország területén 40–70%-os csökkenésre számíthatunk, a nagyobb mértékű csökkenés várhatóan az ország déli részére lesz jellemző.

A 4. táblázatban összefoglaljuk néhány további extrém hőmérsékleti index várható alakulását a modellszimulációk eredményei alapján. A XX. század második felében már elindult és detektálható változások (Bartholy – Pongrácz, 2005) a XXI. század végére várhatóan tovább erősödnek. Különösen jelentős mértékű a hőségnapok, a meleg napok, a meleg éjszakák, a forró napok és a túl meleg éjszakák számának emelkedése (melyek a modellbecslések szerint országos átlagban rendre elérik a 91%-ot, a 116%-ot, a 120%-ot, a 250%-ot, illetve a 625%-ot). A hideg szélsőségek gyakoriságában bekövetkező csökkenő tendencia szintén a melegedő éghajlatra utal.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatásainkat támogatta az MTA TKI Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz című, 2006/TKI/246 számú programja, az OTKA T-049824 számú pályázata, az NKFP-3A/0082/2004 és az NKFP-6/079/2005 pályázat. További segítséget nyújtott a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, s az EU VI. keretprogram CECILIA projektje (GOCE-037005). Az éghajlatváltozási modellszimulációk adatbázisát az EU EVK2-CT2001-00132 számú szerződésében támogatott PRUDENCE projekt keretében állították elő.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2005): Néhány extrém éghajlati paraméter globális és a Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. „AGRO-21” Füzetek, 40. sz. 70–93. pp. (2) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2006): Comparing tendencies of some temperature related extreme indices on global and regional scales. Időjárás, 110, 35–48. pp. (3) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2007): Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. Global and Planetary Change, 57, 83–95. pp. (4) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – GELYBÓ GY. (2007): Regional climate change expected in Hungary for 2071–2100. Applied Ecology and

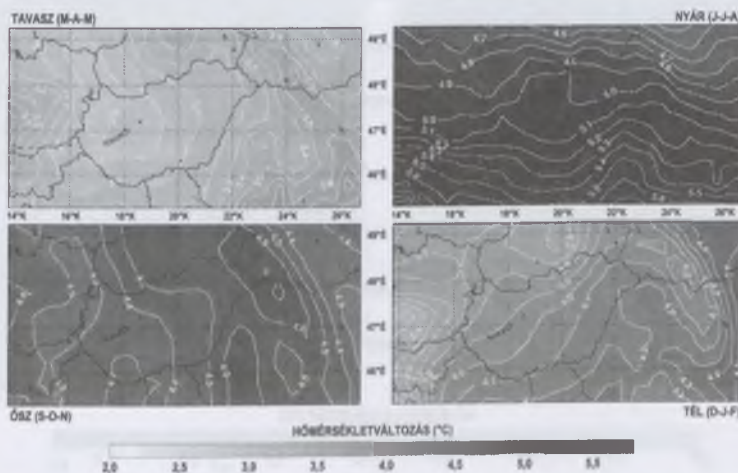
- Environmental Research, 5, 1–17. pp. (5) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – TORMA CS. – HUNYADY A. (2006): A PRECIS regionális klímamodell és adaptálása az ELTE Meteorológiai Tanszékén. In: 31. Meteorológiai Tudományos Napok – Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését megalapozó klímadinamikai kutatások. (Weidinger T. szerk.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 99–114. pp. (6) BENESTAD, R.E. (2005): Climate change scenarios for northern Europe from multi-model IPCC AR4 climate simulations. *Geophysical Research Letters*, 32, L17704, doi:10.1029/2005GL023401. (7) BLACK, E. – BLACKBURN, M. – HARISON, G. – HOSKINS, B. J. – METHVEN, J. (2004): Factors contributing to the summer 2003 European heatwave. *Weather*, 59, 217–223. pp. (8) CHRISTENSEN, J. H. (2005): Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects – Final Report. DMI, Copenhagen (9) CHRISTENSEN, O. B. – CHRISTENSEN, J. H. (2004): Intensification of extreme European summer precipitation in a warmer climate. *Global and Planetary Change*, 44, 107–117. pp. (10) FINK, A. H. – BRÜCKER, T. – KRÜGER, A. – LECKEBUSCH, G. C. – PINTO, J. G. – ULBRICH, U. (2004): The 2003 European summer heatwaves and drought – synoptic diagnostics and impacts. *Weather*, 59, 209–216. pp. (11) HANSEN-BAUER, I. – ACHBERGER, C. – BENESTAD, R. E. – CHEN, D. – FØRLAND, E. J. (2005): Statistical downscaling of climate scenarios over Scandinavia: A review. *Climate Research*, 29, 255–268. pp. (12) HORÁNYI A. (2006): Regionális klímadinamikai kutatások: nemzetközi és hazai áttekintés. In: 31. Meteorológiai Tudományos Napok – Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését megalapozó klímadinamikai kutatások. (Weidinger T. szerk.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 62–70. pp. (13) IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York (14) KLEIN TANK, A. M. G. – KÖNNEN, G. P. (2003): Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99. *J. Climate*, 16, 3665–3608. pp. (15) KLEIN TANK, A. M. G. and COAUTHORS (2002): Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *Int. J. Climatol.*, 22, 1441–1453. pp. (16) NEW, M. – HULME, M. – JONES, P. (1999): Representing twentieth-century space-time climate variability. Part I: Development of a 1961–90 mean monthly terrestrial climatology. *J. Climate*, 12, 829–856. pp. (17) PAL, J. S. – GIORGI, F. – BI, X. (2004): Consistency of recent European summer precipitation trends and extremes with future regional climate projections. *Geophysical Research Letters*, 31, L13202, doi:10.1029/2004GL019836. (18) PETERSON, T. – FOLLAND, C. K. – GRUZA, G. – HOGG, W. – MOKSSIT, A. – PLUMMER, N. (2002): Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs, 1998–2001. World Meteorological Organisation Rep. WCDMP-47. WMO-TD 1071. Geneva, Switzerland. 143 p. (19) PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. (2000): Változási tendenciák Magyarország éghajlatának szélsőségeiben. In: III. Erdő és Klíma konferencia. (Kircsi A. szerk.) Kossuth Kiadó, Debrecen. 38–44. pp. (20) TEBALDI, C. – HAYHOE, K. – ARBLASTER, J. M. – MEEHL, G.E. (2006): Going to the extremes: an intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. *Climatic Change*, 79, 185–211. pp.

1. táblázat

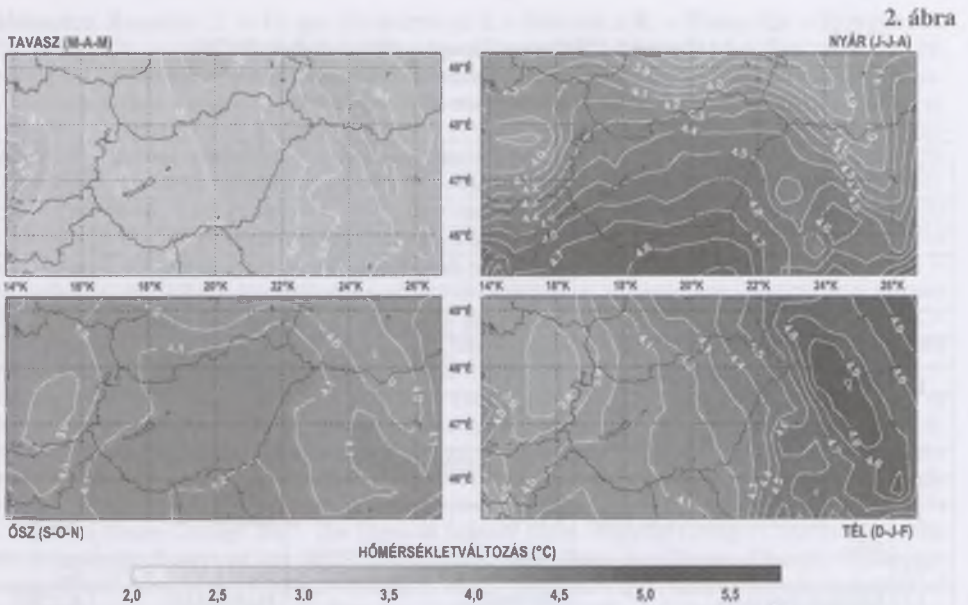
Az elemzéshez felhasznált regionális modellek (RCM),
az azokat futtató intézetek, a futtatáshoz felhasznált globális modellek,
s a rendelkezésre álló scenáriók

	Intézet	Regionális modell	Globális modell	Szenárió
1	Dán Meteorológiai Intézet	HIRHAM	HadAM3H	A2, B2
2		HIRHAM	ECHAM5	A2
3		HIRHAM finom felbontású	HadAM3H	A2
4		HIRHAM extra finom felbontású	HadAM3H	A2
5	Brit Hadley Központ	HadRM3P (ensemble/1)	HadAM3P	A2, B2
6		HadRM3P (ensemble/2)	HadAM3P	A2
7	Zürichi Műszaki Főiskola	CHRM	HadAM3H	A2
8	Kieli Atomenergia-hasznosító Hajóépítési Társaság	CLM	HadAM3H	A2
9		CLM továbbfejlesztett	HadAM3H	A2
10	Hamburgi Max Planck Intézet	REMO	HadAM3H	A2
11	Svéd Hidrometeorológiai Intézet	RCAO	HadAM3H	A2, B2
12		RCAO	ECHAM4/OPYC	B2
13	Madridi Egyetem	PROMES	HadAM3H	A2, B2
14	Trieszti Nemzetközi Elméleti Fizikai Központ	RegCM	HadAM3H	A2, B2
15	Norvég Meteorológiai Intézet	HIRHAM	HadAM3H	A2
16	Holland Meteorológiai Intézet	RACMO	HadAM3H	A2
17	Francia Meteorológiai Szolgálat	ARPEGE	HadCM3	A2, B2
18		ARPEGE	ARPEGE/OPA	B2

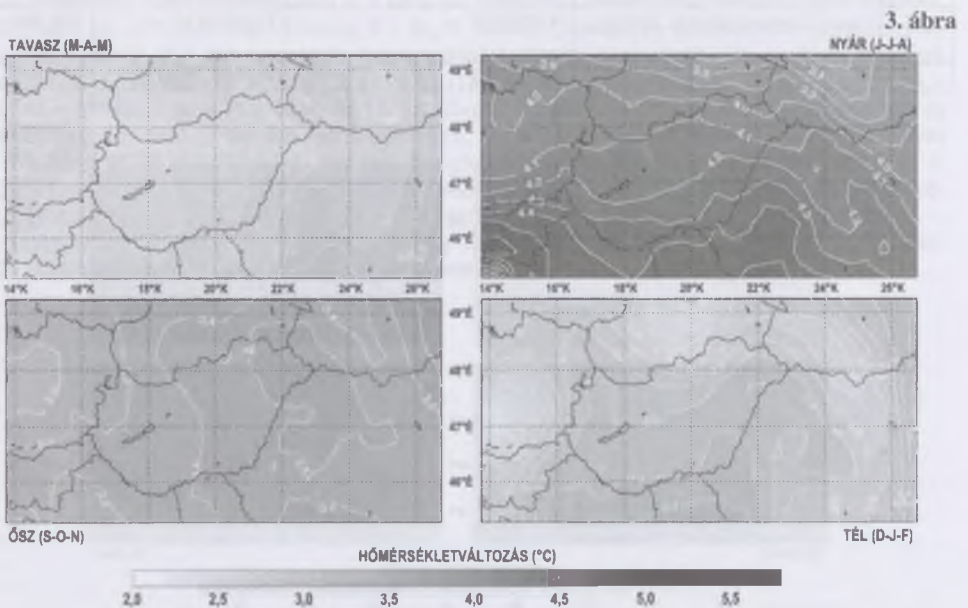
1. ábra



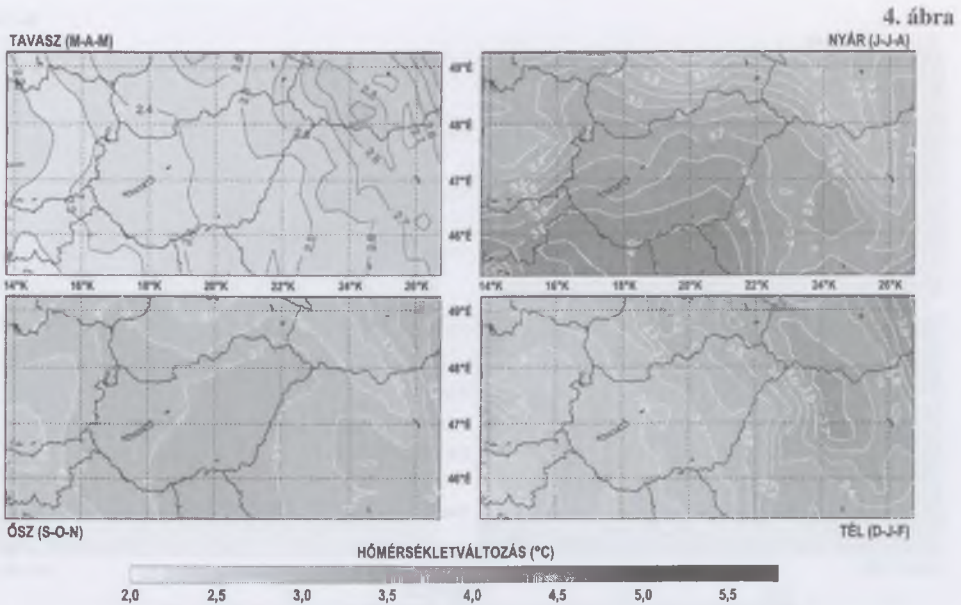
A maximum-hőmérséklet várható évszakos változása (°C) a Kárpát-medence térségére 16 európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra, A2 scenárió esetére



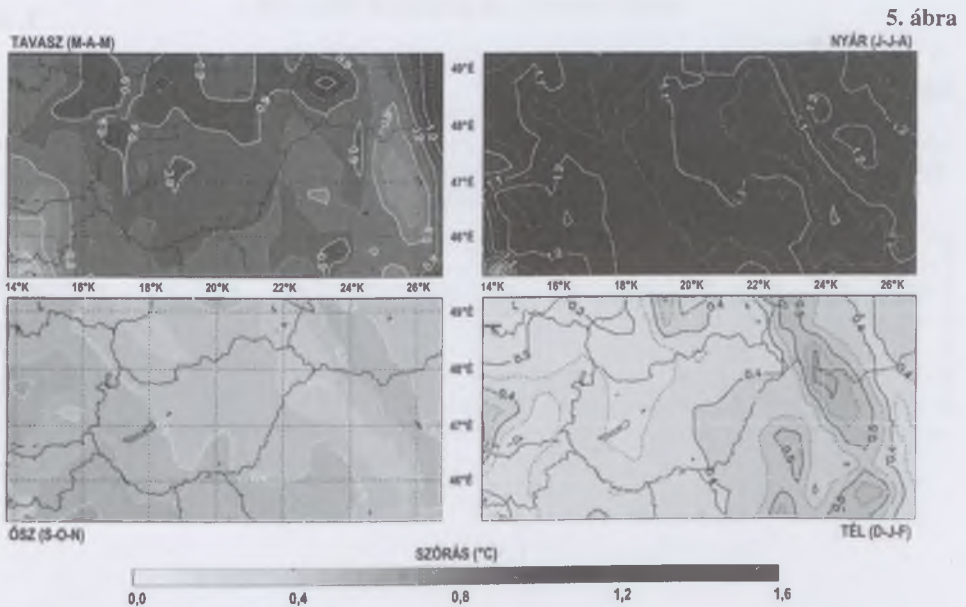
A minimum-hőmérséklet várható évszakos változása (°C) a Kárpát-medence térségére 16 európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra, A2 szcenárió esetére



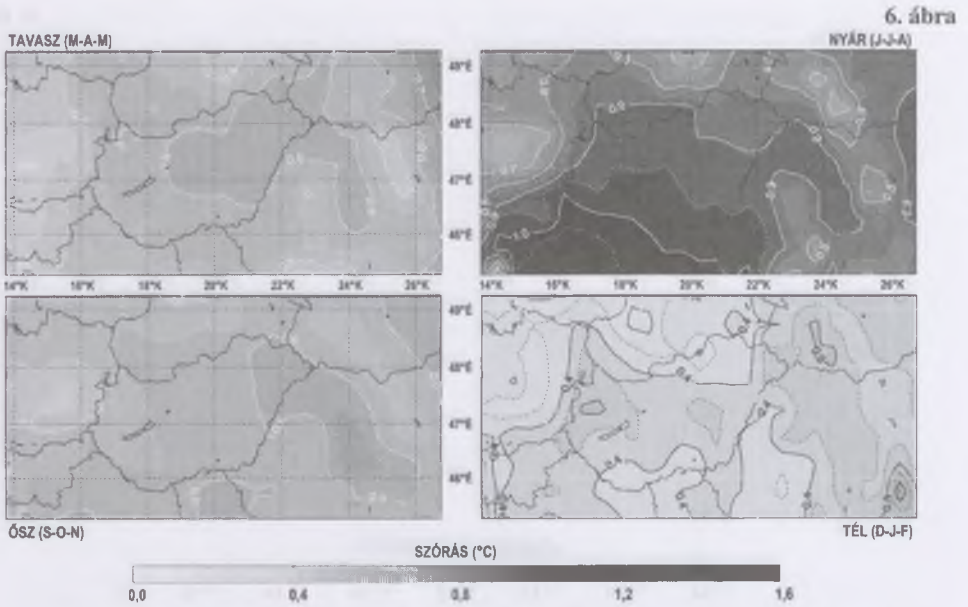
A maximum-hőmérséklet várható évszakos változása (°C) a Kárpát-medence térségére 8 európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra, B2 szcenárió esetére



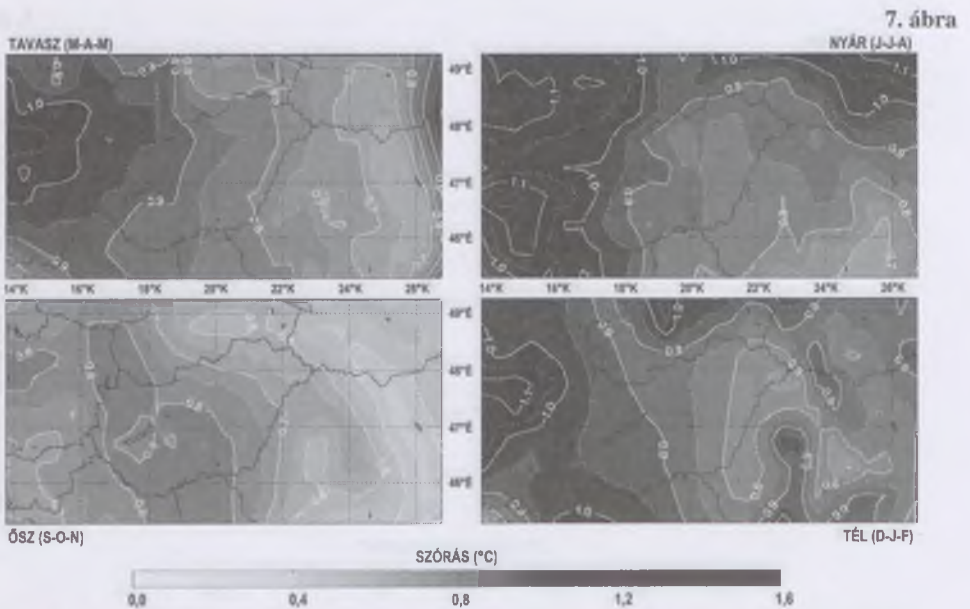
A minimum-hőmérséklet várható évszakos változása (°C) a Kárpát-medence térségére 8 európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra, B2 scenárió esetére



A maximum-hőmérséklet várható évszakos változásának szórása (°C) a Kárpát-medence térségére 16 európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra, A2 scenárió esetére

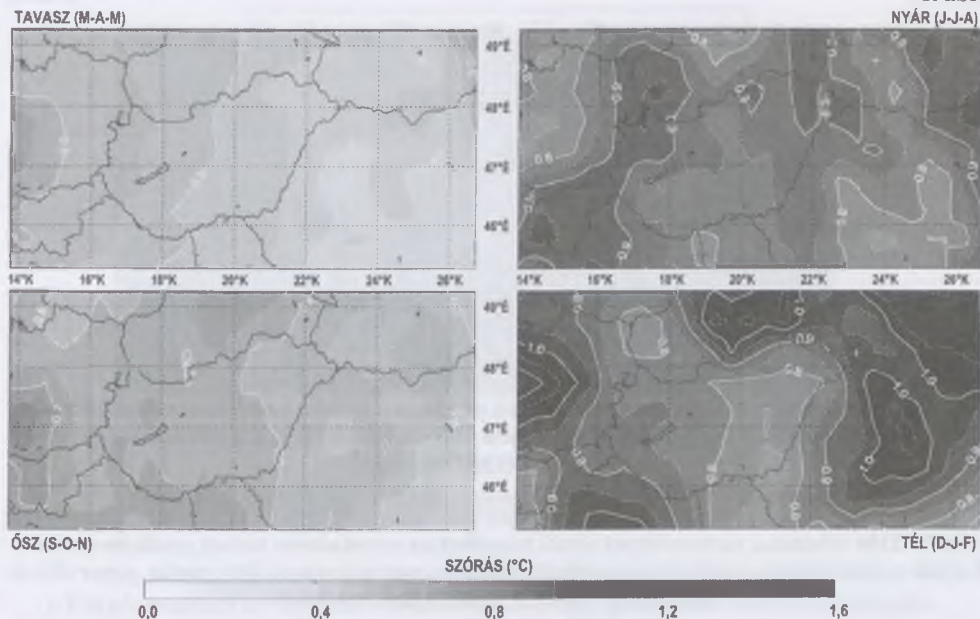


A minimum-hőmérséklet várható évszakos változásának szórása (°C) a Kárpát-medence térségére 16 európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra, A2 scenárió esetére



A maximum-hőmérséklet várható évszakos változásának szórása (°C) a Kárpát-medence térségére 8 európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra, B2 scenárió esetére

8. ábra



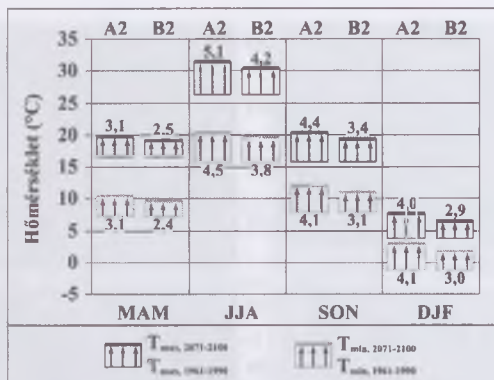
A minimum-hőmérséklet várható évszakos változásának szórása (°C) a Kárpát-medence térségére 8 európai regionális éghajlati modellszimuláció eredményei alapján a 2071–2100 időszakra, B2 scenárió esetére

2. táblázat

A 2071–2100 időszakra Magyarországra várható évszakos növekedés értékei a maximum-, a minimum- és a középhőmérséklet esetén (az A2 scenárió esetén 16 modellszimuláció eredményeit vettük figyelembe, míg a B2 scenárió esetén 8 modellszimuláció eredményei álltak rendelkezésre)

	Szenárió	Tavaszi (MAM)	Nyári (JJA)	Ősz (SON)	Tél (DJF)
Maximum	A2	2,8–3,3 °C	4,9–5,3 °C	4,3–4,6 °C	3,7–4,2 °C
	B2	2,4–2,6 °C	4,0–4,4 °C	3,3–3,5 °C	2,6–3,0 °C
Minimum	A2	3,0–3,2 °C	4,2–4,8 °C	4,0–4,2 °C	3,8–4,6 °C
	B2	2,3–2,7 °C	3,5–4,0 °C	3,0–3,2 °C	2,8–3,5 °C
Közép	A2	2,9–3,2 °C	4,5–5,1 °C	4,1–4,3 °C	3,7–4,3 °C
	B2	2,4–2,7 °C	3,7–4,2 °C	3,2–3,4 °C	2,9–3,2 °C

9. ábra



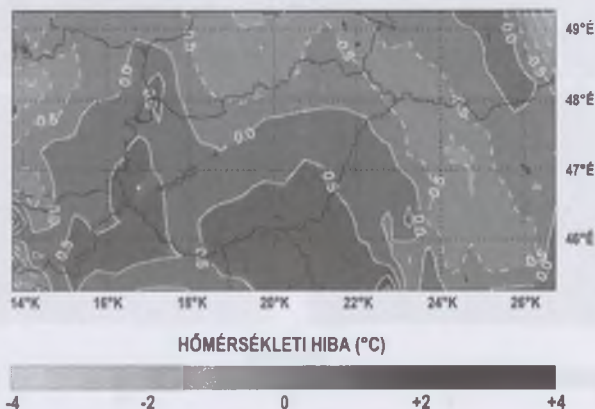
A XXI. század végére Magyarországra várható maximum- és minimumhőmérséklet-változás évszakos értékei (az 1961–1990 közötti referencia időszak hőmérsékletei a Budapesten mért értékeket jelzik)

3. táblázat

A 2071–2100 időszakra várható nyári és téli hőmérséklet-növekedések térbeli gradiens-értékei a Kárpát-medencében (a pozitív irány a zonális gradiens esetén északraól délre mutat, a meridionális gradiens esetén nyugatról keletre mutat)

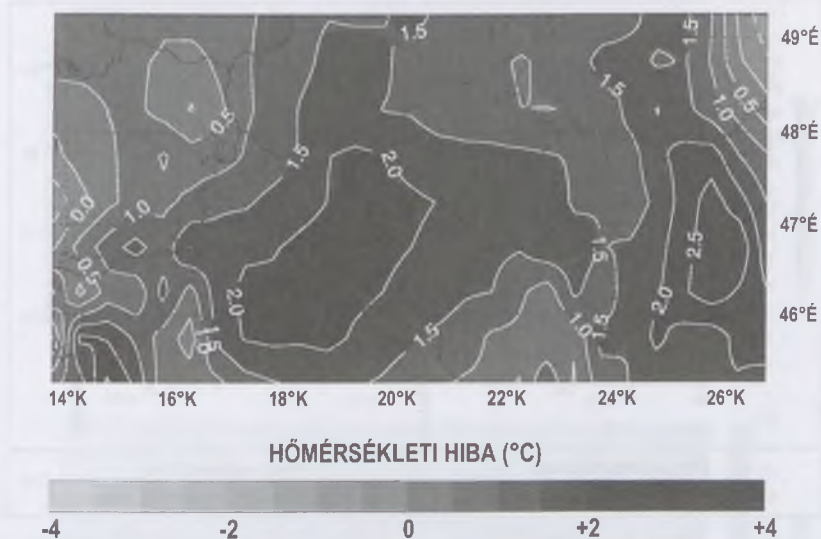
	Szenáró	Nyár (JJA)	Tél (DJF)
Átlaghőmérséklet	A2	Zonális: +0,7 °C	Meridionális: +0,6 °C
	B2	Zonális: +0,5 °C	Meridionális: +0,5 °C
Maximum hőmérséklet	A2	Zonális: +0,6 °C	Meridionális: +0,5 °C
	B2	Zonális: +0,4 °C	Zonális: +0,4 °C
Minimum hőmérséklet	A2	Zonális: +0,7 °C	Meridionális: +0,8 °C
	B2	Zonális: +0,6 °C	Meridionális: +0,7 °C

10. ábra



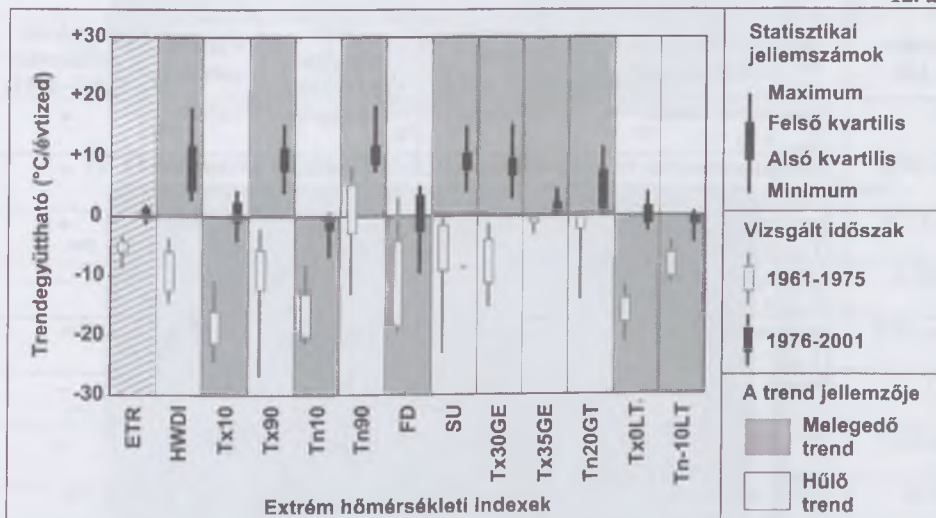
Az évszakos szimulált maximum-hőmérsékleti értékek átlagos eltérése (°C) a Kárpát-medence térségére 16 európai regionális éghajlati modell eredményei alapján a CRU adatbázishoz viszonyítva, az 1961–1990 időszakra

11. ábra



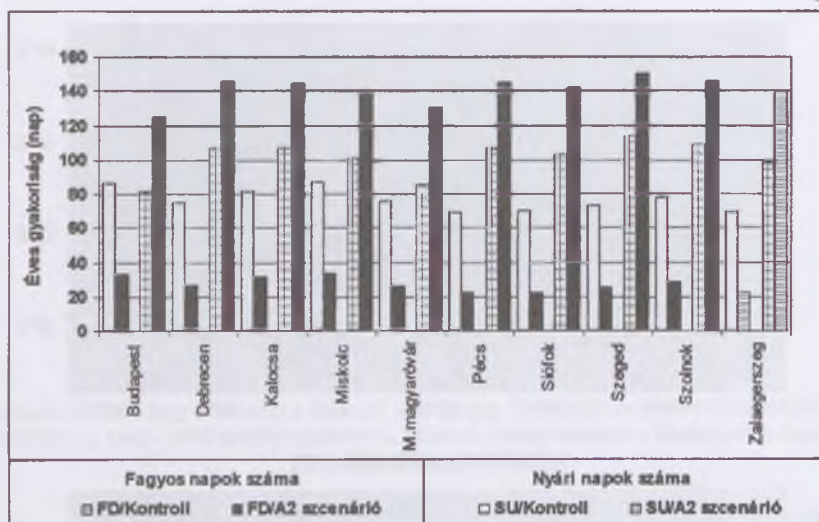
Az évszakos szimulált minimum-hőmérsékleti értékek átlagos eltérése (°C) a Kárpát-medence térségére 16 európai regionális éghajlati modell eredményei alapján a CRU adatbázishoz viszonyítva, az 1961–1990 időszakra

12. ábra



Az extrém hőmérsékleti indexek trendegyütthatói a Kárpát-medence térségében, 1961–2001 (ETR: éves hőmérsékleti ingás, HWDI: hóhullám hossza, Tx10: hideg napok aránya, Tx90: meleg napok aránya, Tn10: hideg éjszakák aránya, Tn90: meleg éjszakák aránya, FD: fagyos napok száma, SU: nyári napok száma, Tx30GE: hőségnapok száma, Tx35GE: forró napok száma, Tn20GT: túl meleg éjszék száma, Tx0LT: téli napok száma, Tn-10LT: zord napok száma, az indexek pontos definíciója megtalálható: Bartholy – Pongrácz, 2005)

13. ábra



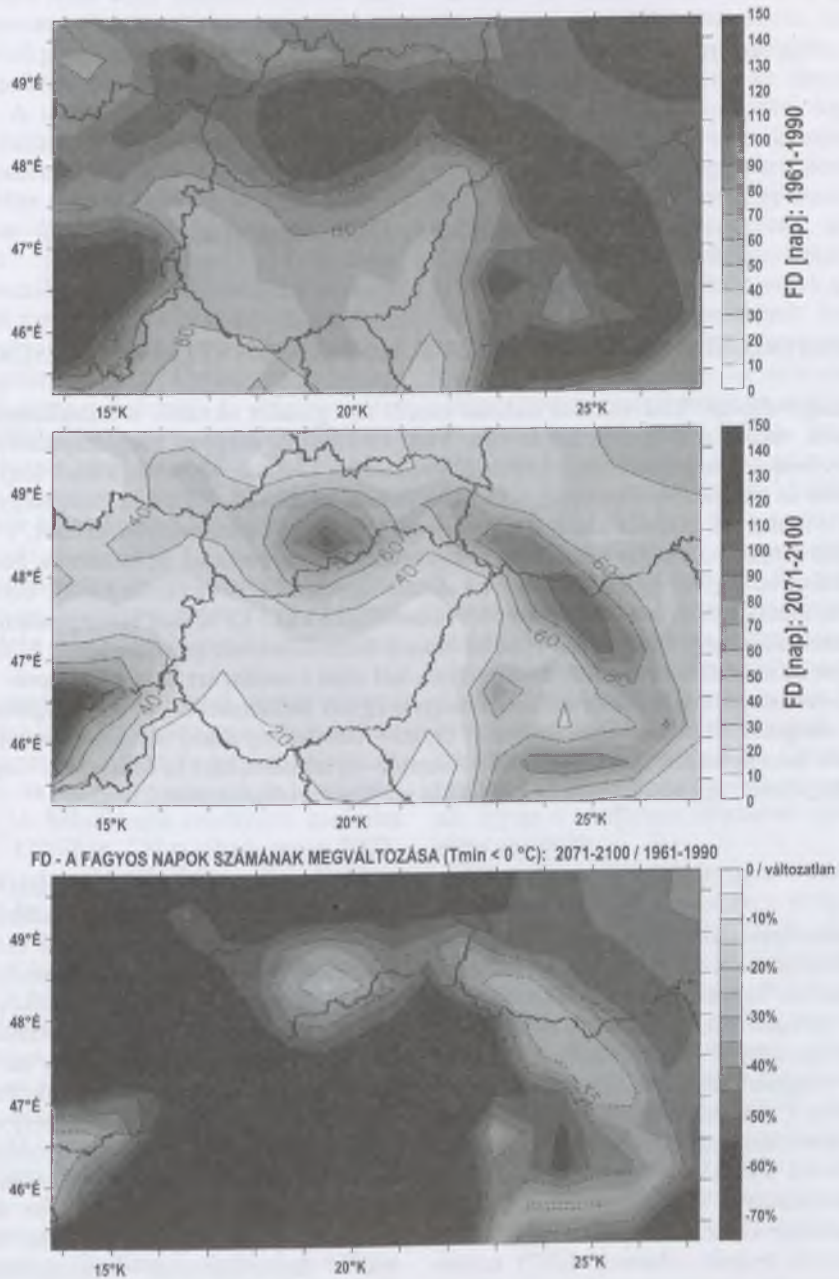
A fagyos napok ($T_{\min} < 0\text{ °C}$) és a nyári napok ($T_{\max} > 25\text{ °C}$) számának várható változása tíz magyarországi állomásra a svájci ETH modell alapján (Kontroll: 1961–1990, A2 scenárió: 2071–2100)

4. táblázat

Extrém hőmérsékleti indexek változása Magyarországra a svájci ETH modell alapján

Index jele	Extrém index neve és definíciója	Kontroll-futás (1961–1990)	A2 scenárió (2071–2100)	Változás mértéke	Detektált tendencia (1961–2001)
SU	Nyári napok száma ($T_{\max} > 25\text{ °C}$)	98 nap/év	136 nap/év	+39%	+
Tx30GE	Hősnapok száma ($T_{\max} \geq 30\text{ °C}$)	47 nap/év	90 nap/év	+91%	+
Tx35GE	Forró napok száma ($T_{\max} \geq 35\text{ °C}$)	13 nap/év	45 nap/év	+250%	+
Tx0LT	Téli napok száma ($T_{\max} < 0\text{ °C}$)	24 nap/év	6 nap/év	-75%	-
Tn-10LT	Zord napok száma ($T_{\min} < -10\text{ °C}$)	8 nap/év	1 nap/év	-83%	-
FD	Fagyos napok száma ($T_{\min} < 0\text{ °C}$)	74 nap/év	26 nap/év	-65%	-
Tn20GT	Túl meleg éjszék száma ($T_{\min} > 20\text{ °C}$)	5 nap/év	36 nap/év	+625%	+
Tx10	Hideg napok száma ($T_{\max} < T_{\max,10\%}$)	36 nap/év	10 nap/év	-72%	-
Tx90	Meleg napok száma ($T_{\max} > T_{\max,90\%}$)	36 nap/év	78 nap/év	+116%	+
Tn10	Hideg éjszakák száma ($T_{\min} < T_{\min,10\%}$)	36 nap/év	9 nap/év	-76%	-
Tn90	Meleg éjszakák száma ($T_{\min} > T_{\min,90\%}$)	36 nap/év	79 nap/év	+120%	+

14. ábra



Az FD fagyos napok ($T_{\min} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$) száma 1961–1990 között (fent), 2071–2100 között (középen), és a várható változás mértéke (lent) a svájci ETH modell alapján

A HŐHULLÁMOK ÉS A HŐMÉRSÉKLET SZTOCHASZTIKUS VISELKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA

RÉVÉSZ ANDRÁS – SZENTELEKI KÁROLY

Kulcsszavak: hőhullámok, hőmérséklet, időtartam

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A klímaváltozás kedvezőtlen hatásai között sok gondot okoztak a hőhullámok, melyek nem voltak jellemzőek korábban. Vizsgálódásaink alapján megállapítható, hogy amennyiben a ma ismert scenáriók megvalósulnak, akkor az eddigieknél lényegesen hosszabb és magasabb hőmérsékletű hőhullámok várhatók. Előfordulhat, hogy a mai definíciók szerint hőhullámnak tekintett esemény akár egész nyáron át tart, s bár ez nem lesz általános, mégis várhatóan sokszorosára nő a mostani hőhullámok hossza és intenzitása is. Egyes modellfuttatások adatait figyelembe véve előfordulhat olyan esemény is, amely a XX. század legforróbb hőhullámainak akár 12 °C-kal is meghaladhatja.

A tanulmányban áttekintjük a hőhullámok definiálásának módszertanát is, és a hagyományos számítások mellett bemutatunk két eltérő módszert is, a minimum- és maximum-hőmérsékleti hőhullámokat, amelyek egyéb információkkal is szolgálnak. Az eddig megszokott események hosszát taglaló tanulmányokkal szemben most olyan elemzést készítettünk, amelyben a hőhullámok – a hőmérséklet és időtartam – együttesen vizsgálható, így azok hossz és intenzitás szerint osztályozhatók.

BEVEZETÉS

Tanulmányunkban bemutatjuk, hogy hazánk klímájának a most ismert forgatókönyvek szerinti változása súlyosan érintheti az egész társadalmat, gazdasági, humán és állat-egészségügyi vonatkozásban is. Ezekhez a vizsgálatokhoz statisztikai és kockázatelemzési számításokat végeztünk a historikus meteorológiai idősorokon és három kiválasztott klíma-scenárión. Kutatásunkat a „*Felkészülés a klímaváltozásra: Környezet-Kockázat-Társadalom*” (KLIMAKKT) elnevezésű projekt (Harnos, 2007) keretében végeztük, így a vizsgálataink tárgyát képező modellfuttatások a projekt többi résztvevője által is tanulmányozott két scenárió összesen három modellfuttatása

volt. Tekintettel arra, hogy a klímaváltozás kutatásában vezető szerepet betöltő IPCC négy lehetséges szocioökonómiai scenárió határozott meg (IPCC, 2007), amelyeket a klímakutatással foglalkozó kutatóközpontok bemeneti paraméterként saját matematikai modelljeikben felhasználnak, így mi is ezeket a forgatókönyveket kívántuk megvizsgálni. A mi lehetőségeink nem terjednek ki saját cirkulációs modellek kidolgozására, sőt ezek robusztus számításigénye miatt még a már kidolgozott modelleket sem áll módunkban futtatni, így kénytelenek vagyunk más kutatóintézetek modellfuttatásait (PRUDENCE, 2007) inputként tekinteni saját vizsgálatainkhoz. Az IPCC legújabb kutatásaiban számos intézet vett részt, így több tucat modellfuttatás vált elérhetővé. A

projektben részt vevő kutatók ezekből csupán hármát választottak ki, azért hogy a különböző területeken történő kutatások egységes képet adjanak a lehetséges változásokról. A tanulmányunkban mi is ezzel a három futtatással dolgozunk: *Hadley Center A2-es* scenárió, *Hadley Center B2-es* scenárió, *Max Planck Institute A2-es* scenárió. Ezek az új futtatások egységesen 2070–2100-as időintervallumra vonatkoznak, tartalmazzák a mi vizsgálatainkhoz szükséges napi meteorológiai adatokat (minimum-, maximum- és – valódi, nem számtani közép – átlaghőmérséklet). Ezeket az adatokat vetettük össze a budapesti és debreceni 100 éves (1901–2000) meteorológiai időszorral. Számításaink jelentős részét a KLIMAKKT projekt keretében egységes adatbázis lekérdezéséhez kifejlesztett KKT programcsomag (Szenteleki et al., 2007) általunk elvégzendő vizsgálatokhoz újonnan létrehozott, idősorokat és kockázati tényezőket áttekintő (Szenteleki et al., 2007) moduljával végeztük.

A vizsgálatok célja annak megállapítása, hogy várhatóan történik-e változás a hőhullámok gyakoriságában és intenzitásában, és ha igen, akkor milyen irányú és volumenű lesz ez. A hőhullámok rendkívüli hatásaira először 1995-ben Chicagóban, majd 2003-ban Párizsban hívták fel az események a kutatók és a közvélemény figyelmét: (Poumadère et al., 2004; Schär et al., 2004). A gondokat csak tetőzte, hogy a városok vezetése és a közfeladatokat ellátó szervek sem voltak felkészülve a rendkívüli hőség okozta feladatokra, ráadásul mivel korábban nem volt ilyen méretű hőhullám, nem is tudták igazán, hogy mit kell tenniük. Néhány év távlatából kimutatták, hogy mindkét esetben a rendkívül magas mortalitás okozója ugyan a hőség volt, de jó kommunikációval a tragédia megelőzhető lett volna. Ma már ismert tény, hogy a hőhullámok elsősorban a társadalom perifériájára szorult embereket sújtják a legjobban. Elsősorban a 65 év feletti lakosságot, a beteg embereket, a testi és a szellemi fogyatékosokat, illetve a szegényeket.

Mindkét nevezetes hőhullámnál a legtöbb áldozat a halmozottan hátrányos helyzetű emberek köréből, vagyis a szegény, idős, beteg emberek közül került ki. Ennek oka nem csupán az öngondoskodási képesség hiánya, hanem sok esetben az információ és a pénz hiánya volt. Chicago peremkerületeiben a 90-es években szinte egyáltalán nem volt légkondicionáló berendezés, sok elhunyt lakásában még ventilátort sem találtak, ami egy kicsit enyhítette volna a hőséget. Ráadásul további problémát jelentett, hogy ezekben a kerületekben meglehetősen rossz a közbiztonság, így az idős emberek sokszor nem mertek kimenni az utcára, hogy eljussanak egy hűvösebb helyre. Ez utóbbi probléma Párizsban nem jelentett gondot, a légkondicionáló berendezések hiánya viszont igen. Tovább fokozta a problémákat, hogy akkoriban nemcsak a magánlakásokban, de a közintézményekben, így a kórházak nagy részében sem volt megfelelő légkondicionálás. További problémát jelentett mindkét városban a megfelelő mennyiségű mentőautó, illetve kórházi ágy hiánya, sajnos Párizsban a tömeges méretű elhalálozások következtében nem csak a kórházi ágyak bizonyultak kevésnek, de a hullaházak is megteltek, így ez is rendkívüli helyzet elé állította a város vezetését.

Ma már egy hasonló méretű hőhullám feltehetően felkészültebben éri a világ fejlettebb nagyvárosait, így megfelelő akciótervekkel és jobb kommunikációval remélhetőleg csökkenthető a hőstressz okozta elhalálozások száma.¹ Vannak azonban más, nem a humán-egészségügyet fenyegető veszélyek is. Első helyen említhetőek az infrastrukturális gondok. A nagy hőség következtében a vasúti pályák ideiglenesen használhatatlanná válhatnak, ami a közúti közlekedés megbénulásához vezethet. Hasonlóan nagy gondokat okozhat a tartós hőség azokban a nagy-

¹ A magyarországi hőhullámokról több közlemény, publikáció látott napvilágot az „AGRO-21” Füzetekben. A „VAHAVA” jelentésben és másutt, elsősorban Páldy Anna szerzőségében. (Cs. L.)

városokban, ahol felszíni villamos-, vagy metróközlekedés van, amelyek ideiglenes üzemszünete teljesen megbéníthatja egy-egy város tömegközlekedését, majd ennek következtében lebénulhat a közlekedés a városi közúthálózaton is. A problémákat az is fokozhatja, hogy a világ nagyvárosainak agglomerációjából a városokba beutazó dolgozók általában a jól kiépített elővárosi vasúti közlekedést használják, amelynek kiesése idején feltehetően ezek az emberek is autóba ülnek, ami tovább ronthatja a közlekedési lehetőségeket. A másik infrastrukturális problémát az áramellátás okozhatja. Az már ma is látható, hogy a légkondicionálók elterjedésével ugrásszerűen megnőtt a nyári villamosenergia-felhasználás. Egyes nagyvárosokban már most is kapacitásgondokkal küzdenek, ami a várható felmelegedésnek köszönhetően tovább fokozódhat. A szűkös kapacitásoknak köszönhetően a kiugróan magas hőmérsékletű időszakokban egy kisebb meghibásodás is sötétbe boríthat egész városrészeket, vagy akár egész régiókat is, mint ahogy volt már erre példa az elmúlt években. Potenciális veszélyforrást jelentenek a villamosenergia-hálózat egyébként stabil elemei, az atomerőművek is mert a folyók hűtőként bizonyos hőmérsékleti szint felett nem használhatók biztonságosan, így a magas hőmérséklet az erőművek ideiglenes leállításához vezethet. Ugyanehhez a problémához vezethet egy hosszantartó száraz és meleg időszak, ami bizonyos folyók esetében a vízhozam csökkenésével szintén lehetetlenné teszi a reaktorok hűtését, így ez a helyzet is kényszerű üzemszünetet idézhet elő. Ezen a helyzeten javíthat az Európai Unió legújabb, az energiaellátásról szóló direktívája, miszerint a jövőben törekedni kell arra, hogy a növekvő nyári energiafogyasztás kielégítéséhez szükséges villamos energia egyre jelentősebb részét megújuló energiaforrásokból, ezen belül is elsősorban napenergiából kell előállítani.

Az eddigiekben áttekintett hőhullámok miatti események csak egy részét jelentik az összes lehetséges problémának. Számos

kérdés van, amelyről még nincs elegendő információ, de sejthető, hogy ezek is gondot okozhatnak. Ilyen például az ivóvízellátás biztonsága, vagy a járványok kialakulása, a munkaképesség csökkenése, a hőség okozta figyelmetlenségből bekövetkezett balesetek stb. Mindenesetre látható, hogy az eddigi események is indokolják, hogy nagyobb figyelmet szenteljünk a hőhullámoknak. Ez volt a kiváltó oka e tanulmány elkészítésének is, vagyis az, hogy nézzük meg, a vizsgált időszakban megváltozik-e a hőhullámok gyakorisága, illetve intenzitása.

Mit neveznek hőhullámnak? A definíció semmiképpen sem általános, figyelembe szükséges vennie a vizsgálat tárgyát is. Ami általánosabban elterjedt, az az emberi egészségre veszélyes hőség, amit különböző országokban az erre hivatott szervek „hősegriasztási” szintként állapítanak meg.

A *World Meteorological Organization* szerint hőhullámnak nevezik azt az eseményt, amikor az 1961–1990-es bázisidőszakból számított adott naptári napi maximum-hőmérsékletek átlagát a napi maximum-hőmérséklet legalább 5 °C-kal meghaladó egymás utáni napok száma több mint öt.

Hasonló példaként fel lehet hozni a *holland meghatározást*, amikor is azt nevezik hőhullámnak, amikor a napi maximum-hőmérséklet öt egymást követő napon meghaladja a 25 °C-ot és ez idő alatt legalább három napig eléri a 30 °C-ot.

Az *Egyesült Államokban* államonként eltér a hősegriasztás kritériuma, de iránymutató a *National Weather Service* definíciója, ami szerint hőhullámtól sújtottnak tekintenek egy időszakot, ha legalább három napig a maximum-hőmérséklet 32,2 °C fölött van. Ezen kívül osztályozzák még a hőhullámokat veszélyességük szerint, és ehhez különböző szinteket, illetve cselekvési terveket határoztak meg. Nem csupán a napi maximum-hőmérsékletet figyelik, hanem az éjszakai minimum-hőmérsékletet is, és bevezetik a hőmérsékletnél sokkal szofisztikáltabb hőindex fogalmát, ami a hőmérséklet-

ből és a páratartalomból számított származtatott mennyiség, és lényegében az emberi hőérzetet fejezi ki. Kétségtelen tény, hogy a hőindex használata humán vonatkozásban jóval pontosabb, mint ha csak a hőmérsékletet vesszük figyelembe, de a jelen tanulmány elkészítéséhez nem álltak rendelkezésre páratartalom-adatok, így csak a hőmérséklet-adatokra támaszkodhattunk. Megjegyezzük, hogy nem csupán az adathiány az oka annak, hogy nem használtuk a hőindexet. Mint ahogy arról már korábban is volt szó, a hőhullám nem csak az embereket sújtja, hanem kihatással lehet más élőlényekre, infrastruktúrára, gazdasági teljesítményekre stb. Így tehát, ha a hőérzetet vesszük alapul, akkor a hőhullámok káros hatásai közül csak a humán vonatkozásúakat tudjuk elemezni. Ennek tükrében olyan elemzéseket készítettünk, hogy a hőhullámokat ne csak hossza, hanem intenzitása szerint is megkülönböztethessük.

A hivatalos magyarországi hőhullám-definíció alapja a (OKK-OKI, Fővárosi ÁNTSZ, OMSZ közös projektben elvégzett vizsgálat alapján) 97% gyakorisággal mért napi átlaghőmérsékletű nap (26,6 °C). Így hőhullámnak nevezik azt az eseményt ahol három, egymást követő napon, a napi átlaghőmérséklet 26,6 °C feletti.

HŐHULLÁMOK GYAKORISÁGA A MAGYARORSZÁGI DEFINÍCIÓ ALAPJÁN

Hasonlítsuk össze ezen definíció szerinti hőhullámok hossz szerinti eloszlását Budapesten és Debrecenben, az 1901–2000 és az 1970–2000-es időszakokra. Azért szükséges e két időintervallum, hogy el lehessen dönteni a későbbi vizsgálatok viszonyítási bázisát.

Az 1. ábrából látható, hogy míg Budapesten megnövekedett a hőhullámok átlagos éves előfordulása az utóbbi 30 éves időtávon a 100 éves idő-intervallummal összehason-

lítva, addig Debrecenben gyakorlatilag változatlan maradt. Az is kiderül ugyanakkor, hogy Budapesten a hőhullámok sokkal gyakrabban fordulnak elő és általában lényegesen hosszabbak is. Az 1. ábráról az is leolvasható, hogy Budapesten előfordult egy mai viszonyok között „extrém” hosszúnak tekinthető 12 napos hőhullám is, ugyanakkor ennek az összes eseményhez viszonyított aránya meglehetősen kicsi. Vizsgálatainkban többször találkoztunk ilyen kiugró, ugyanakkor csekély gyakoriságú eseménnyel, ezeket azonban pont az extrém értékeik miatt nem szabad figyelmen kívül hagyni, mivel az időjárás-katasztrófák hátterében általában az extrémáliák állnak.

Most vizsgáljuk meg a hőhullámok eloszlását a scenáriók esetében. A 2. ábra a már fentebb meghatározott három modellfuttatás esetén mutatja meg az ÁNTSZ definíciója szerinti különböző hosszúságú, de legalább három napos hőhullámok hossz szerinti eloszlását.

Jól látható a különbség. Várhatóan nem csak megszaporodnak a hőhullámok, de rendkívüli mértékben megnő a hosszuk is. Mint látható, a történelmi adatsor extrém hosszúnak tekintett 12 napos hőhullámával szemben a HC futtatásoknál viszonylag gyakran előfordul akár 1–2, sőt rendkívüli esetekben 3 hónapos hőhullám is. Ez természetesen azt jelenti, hogy a modellezett évek között volt olyan, amikor a teljes nyár egy hőhullám volt. Bár az MP eredmények lényegesen szolidabbnak tűnnek, itt is érdemes megfigyelni, hogy a gyakorisági értékek legalább megduplázódtak, esetenként megháromszorozódtak, csakúgy mint a hőhullámok hossza. Hasonló eredményt kapunk, ha Debrecen esetét vizsgáljuk (3. ábra). Tekintettel arra, hogy a gyakorisági értékek is nagyon közel esnek egymáshoz, így a hőhullámok előfordulása arányaiban sokkal nagyobb növekedést mutat. Ugyanez a helyzet a hőhullámok hosszának változásában. Mindkét esetben a növekedés elérheti, sőt egyes mutatókban meg is haladhatja a 10-szeres értéket. Ha összevetjük a két város

diagramját, jól látható, hogy nagy hasonlóság mutatkozik mind a kiugró értékekben, mind pedig a nagy gyakoriságú értékeknél. Ennek oka feltehetően az, hogy várható hőhullámok földrajzi értelemben nagy kiterjedésűek lesznek, nem pedig hőszigetekként jelentkeznek, vagyis extrémáliák szempontjából fontosabb, hogy melyik évet tekintjük, mint az, hogy hol vizsgálódunk. Ennek alátámasztására nézzünk meg két összehasonlító ábrát a legnagyobb és a legkisebb gyakoriságokat mutató modellfuttatások esetén (4. és 5. ábra).

A 4. és 5. ábrán jól látható, hogy nemcsak a görbék jellege egyezik meg, de értékeik is nagyjából azonosnak tekinthetők, függetlenül attól, hogy melyik modellfuttatásról van szó. Ez tehát lényegében alátámasztja azon feltevésünket, hogy a hőhullámok sokkal inkább függenek a globális meteorológiai állapotoktól, mint a földrajzi távolságoktól. Előbbi állításunk igazolásához érdemes talán több várost is megvizsgálni, de adatok hiányában erre majd csak egy későbbi tanulmányban kerítünk sort.

Érdekes kérdés az is, hogy évente átlagosan hány hőhullám által sújtott nap volt a historikus adatokban, és mennyi van a modellfuttatásokban. Ez azért fontos adat, mert nyilvánvalóan a hosszú, de ritkán előforduló események nagyobb súllyal kell, hogy latba essenek a kockázati tényezők áttekintésénél, mint a rövidebb hőhullámok. Jól látható, hogy mindkét városban drasztikusan megnő a hőhullámos napok száma, függetlenül attól, hogy milyen bázist választunk, illetve hogy melyik várost tekintjük (6. ábra). Megfigyelhető az is, hogy a modellfuttatások jobban befolyásolják az események előfordulását, mint maguk a scenáriók, hiszen mindkét város esetében az A2 és B2 scenárió közötti különbség kisebb, mint a két intézet közötti különbség. Igen különös, hogy a modellfuttatások esetén a szórások értéke lényegében azonosan 20 nap körüli érték, függetlenül attól, hogy az átlag 40 és 80 közötti értékeket vesz fel. A debreceni átlag értékek kicsivel a budapesti felett van-

nak, ami annál is különösebb, hogy bár a jövőbeli értékekhez képest a historikus adatok által mutatott értékek lényegében „elhangolhatóak”, mégis jól látható, hogy a múltban a helyzet fordított volt. A múltbeli értékekre vonatkozó bizonytalanságot mutatja, hogy a szórás minden esetben meghaladja az átlagos értéket, ami egyértelművé teszi, hogy a múltban a hőhullámos napok a „melegebb évekhez” köthetőek, vagyis voltak olyan évek, amikor akár többször is volt hőhullám, más években viszont egyáltalán nem. Ez a modellfuttatások által generált értékeknél egyáltalán nem így van. A relatív szórás jóval kisebb, mint a historikus adatokon, vagyis egyértelműen állítható, hogy azt nem lehet pontosan megjósolni, hogy hány és milyen hosszú hőhullám lesz az egyes scenáriók esetén, viszont a hőhullámos napok száma „viszonylag nagy” pontossággal megadható.

A HŐHULLÁMOK INTENZITÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A hőhullámok intenzitásától függően más-más hatásúak lehetnek az emberekre, állatokra, növényekre, vagy akár az infrastruktúrára és a gazdaságra. Ezért célszerű vizsgálni az egyes hőhullámoknak nem csak a hosszát, hanem az intenzitását is. Ezért a klímakutatásban használt legjellemzőbb három bázisidőszakra (1901–2000, 1960–1990, 1970–2000) elkészítettük a kiugró hőmérsékleti értékek eloszlását. Az első vizsgálatban nem a szokásos átlaghőmérsékletet vizsgáltuk, hanem a maximum-hőmérsékletet, mert ebben a mutatóban jobban jelentkeznek az extrém magas értékek. A 7. ábra a fenti három időtáv hőmérsékleti szintenkénti kumulált eloszlását mutatja, vagyis azt, hogy a vizsgált időszakban évente átlagosan hányszor fordult elő t napos és legalább T hőmérsékletű „hőhullám”. Ebben a csoportosításban még nem szűkítettük le a legalább három napig tartó eseményekre a hőhullám definícióját.

Bár a grafikon alapján nehéz különbséget tenni a három eloszlás között, látható, hogy a legmagasabb értékeket meglepő módon a 100 éves adatsor tartalmazza, de ennek lecsengése meredekebb a másik két diagramnál (ez azt jelenti, hogy nem csak a XX. század végén voltak kiugróan meleg időszakok, hanem már korábban is, viszont a század vége felé tapasztalható hőhullámok vagy melegebbek, vagy hosszabbak voltak a korábbiaknál), ugyanakkor ez a különbség nem számottevő. A skálán látható, hogy az osztályozást a 30 °C feletti maximum-hőmérsékleti szintekre végeztük el, mert nagyjából ilyen adatok esetén a napi átlag is meghaladja a hőségriasztási szintet.

Ugyanezen vizsgálatot végeztük el a három modellfuttatásra is (8. ábra). A különbség annyira szembeszökő, hogy különösebb magyarázatot nem is érdemel, talán csak annyit, hogy az értékek annyira megnövekedtek, hogy technikai okokból nem tudtuk azonos skálán ábrázolni a gyakoriságokat, lévén hogy a 30 °C-os értékhez helyenként extrém hosszú idő tartozott (így is csak csonkított skálán tudjuk bemutatni az értékeket), másfelől viszont olyan magas hőmérsékleti szintek jelentek meg, hogy az ábrázolhatóság érdekében az 1 °C-os lépésközről le kellett mondanunk.

Egyértelműen látható, hogy a három modellfuttatás közül az MPA2 esetén voltak a legalacsonyabbak a gyakorisági értékek, a HCA2-nél pedig a legmagasabbak. Azért, hogy a két HC scenárió összehasonlítható legyen, elkészítettük a gyakoriságok különbségeinek ábráját (9. ábra), melyből kiderül, hogy kis kivételtől eltekintve az egyes gyakorisági értékek a HCA2-ben nagyobbak, mint a B2-ben.

Ahhoz, hogy mégis valamilyen összehasonlítást végezhessünk, elkészítettük a „best case” összehasonlítást, vagyis a legnagyobb gyakorisági értékekkel rendelkező eloszlást (100 éves) összehasonlítottuk a legkisebb gyakorisági értékekkel rendelkező modellfuttatással, vagyis az MPA2-vel, ebből született meg a 10. ábra. Az ábra értelmezésé-

hez csak annyit kell hozzátenni, hogy ha a mai sztenderdnek tekintett három napos eseményeket ábrázoltuk volna, akkor gyakorlatilag a historikus adatok hőhullámai nem is látszanának az ábrán, annyira eltörpülnek a scenárió adatai mellett.

Végezetül nézzük meg a múltbéli és a várható jövőbeli események néhány szám-szerű adatának összehasonlítását:

- A 31 °C-os maximum-hőmérsékleti hőhullámok közül a leghosszabb a múltban 18 napos volt, míg a futtatásokban 87 napos.

- A legalább három napig tartó hőhullámok közül a múltban a 37 °C-os volt a legmagasabb maximum-hőmérsékletű, míg a modellfuttatásokban 49 °C-os is akadt.

- Azon hőhullámos napok száma, ahol a maximum-hőmérséklet elérte vagy meghaladta a 31 °C-ot és legalább három napig tartott, az esemény a historikus adatsorban átlagosan 10,1 nap volt, míg a modellfuttatások között volt olyan, ahol az átlag 92,5 nap volt.

Ezek elképesztő adatok. Ha csak ezt a három adatot vesszük alapul, ez azt jelentheti, hogy a scenáriók teljesülése esetén 2070 és 2100 közötti időszakban szinte az egész nyár hőhullámos lesz, ráadásul a hőhullámok értéke 12 °C-kal emelkedik. Első ránézésre hihetetlennek tűnnek az adatok, hiszen ezek a scenáriók legrosszabb esetben is „csak” 5–6 °C-os átlaghőmérséklet-emelkedést jósolnak.

A BUDAPESTI HAVI ÁTLAGHŐMÉRSÉKLETEK ALAKULÁSA

Ahhoz, hogy kideríthessük, lehetséges-e az előző fejezetben felvázolt 12 °C-os eltérés, megvizsgáltuk a budapesti minimum-, maximum- és az átlaghőmérsékletek alakulását a HCA2 és az MPA2 (mivel ez a két szélsőséges adatsor) modellfuttatásokban és a historikus adatokban (itt az 1970–2000-es

bázist vettük figyelembe, mivel a legújabb kutatások is ezzel számolnak). Számos összehasonlítást készítettünk, ezek közül a legszemléletesebbeket mutatjuk be a 11. ábrásorozaton.

Jól látható, hogy az áprilisi adatokat leszámítva mindig a tényleges adatsor mutatta a legalacsonyabb értékeket, ezt követte az MPA2 futtatás, míg a legmelegebb minden esetben a HCA2 esetén volt. A legszélsőségsébb eltérés tehát a historikus adatsor és a HCA2 között volt.

Látható, hogy júliusban a HCA2 modellfuttatásban 11,8 °C-kal lesz melegebb a maximum-hőmérséklet, mint a múlt század utolsó 31 évében átlagosan volt. Ez túlzás nélkül állítható, hogy drámai érték. Ennek bekövetkezése nem csak a betegekre lehet káros hatással, de az egészséges szervezetet is minden bizonnyal megviselheti, az egyéb várható ökológiai és gazdasági károkról nem is beszélve. Látható ugyanakkor, hogy bár a tél is melegebb lesz, a tavasz felmelegedése az éves átlaghoz képest nem túl jelentős. Érdekes azonban, hogy a minimum-hőmérsékletekben lényegesen kisebb az emelkedés értéke, jóllehet a júliusi 9,2 °C éppen olyan katasztrofális érték, mint ami a maximum-hőmérsékletekben jelentkezik (1. táblázat).

A MINIMUM-HŐMÉRSÉKLETI HŐHULLÁMOK

Feltételezhető, ha egy nap nagyon magas a maximum-hőmérséklet, akkor az átlag sem lehet túl alacsony, hiszen a mi égövünkön nem olyan magas a hőingás, mint például a sivatagokban. Felmerül továbbá, hogy a forró napok éjszakai mennyire hidegek? Vagyis lehülnek-e annyira a lakóházak, hogy az emberek képesek legyenek regenerálódni? Természetesen ez a kérdés is megfogalmazható fordítva, egy állításként: ha forró az éjszaka, akkor feltehetően forró a nappal is, vagyis meghatározható a hőhullámoknak egy olyan fajtája, ami a minimum-hőmérsékletben jelentkezik, és hasonlóan kelle-

metlen, mint a maximum-hőmérsékleti. (Feltehetően ezek egyébként jelentős fedést mutatnak, de erre most tanulmányunk nem tért ki.)

Analóg módon ugyanazokat a vizsgálatokat elvégeztük a minimum-hőmérsékleti hőhullámokon, mint a maximum-hőmérsékletben jelentkezőkön. Az eredmények tendenciájukat tekintve szinte teljesen megegyeztek a korábbi eredményekkel. A három modellfuttatás esetén bekövetkező hőhullámok gyakoriságai ugyan nagyobb különbségeket mutatnak, mint a maximum-hőmérsékletek esetében, azonban itt is a HCA2, HCB2, MPA2 sorrend állítható fel a gyakorisági értékek nagysága tekintetében (12. ábra). A historikus adatok és a legkedvezőbb MPA2 összehasonlításakor szintén nagyságrendi különbségek láthatók, még ha egy kicsit kisebbek is, mint a maximumok esetén (13. ábra). Természetesen az előzőekben közölt adatfelsorolás magyarázatot ad arra is, hogy ezek a különbségek miért kisebbek a minimumok esetében, mint a maximumoknál.

A minimum-hőmérsékleti hőhullámoknál a scenáriók esetében a 24 °C felettieket vizsgáltuk, de historikus adatoknál ezt az értéket levittük 18 °C-ra. Azért ezt az értéket vettük, mert a szakirodalom szerint az ember a normál szobahőmérséklet felett nehezen tud regenerálódni, ami ugyan 24 °C, de a városok hőszigetethatása miatt éjszakánként a lakásokban 5–6 °C-kal van melegebb, mint a léghőmérséklet, vagyis a 18 °C városi körülmények között már nem feltétlenül „kellemes”. Ezt az értéket azonban a modellfuttatásoknál értelmetlen volt vizsgálni, mert több hónapos hőhullámokat eredményezett.

Végezetül hasonlítsuk össze ezeket a hőhullámokat is néhány számszerűsített adattal:

- A legmagasabb legalább három napig tartó minimum-hőmérsékleti hőhullám a historikus adatokban 21 °C-os volt, a modellfuttatásokban akadt 34 °C-os is.

• A leghosszabb 18 °C-os hőhullám *egy hónapos* volt a historikus adatoknál. A legkedvezőbb scenárióban is volt *87 napos* hosszúságú 18 °C-os hőhullám.

• A hőhullámos napok száma is drasztikusan megnőtt. Ez az érték jóformán össze sem hasonlítható, hiszen a historikus adatoknál csupán évente átlagosan *19 nap* volt, amikor *18 °C felett* volt a minimumhőmérséklet legalább három napig, míg a modellfuttatásokban még a *24 °C feletti* napokból is van *40 napnál* hosszabb.

A fenti három hőhullám-definíció bármelyikének használata igazolja azon állításunkat, amit a bevezetőben megfogalmaztunk, hogy amennyiben ezek a most ismert és általunk tanulmányozott forgatókönyvek megva-

lósulnak, drasztikusan megváltozik Magyarország klímája, és megszaporodnak a minden tekintetben nagy kockázatot jelentő extrém események. Ezen szélsőséges meteorológiai események közül az egyik legkockázatosabb a hőhullám. Akármilyen definíciót is veszünk alapul, biztosan állítható, hogy a hőhullámok hossza és intenzitása is rendkívüli mértékben megnő, aminek beláthatatlan következményei lehetnek a társadalomra nézve.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

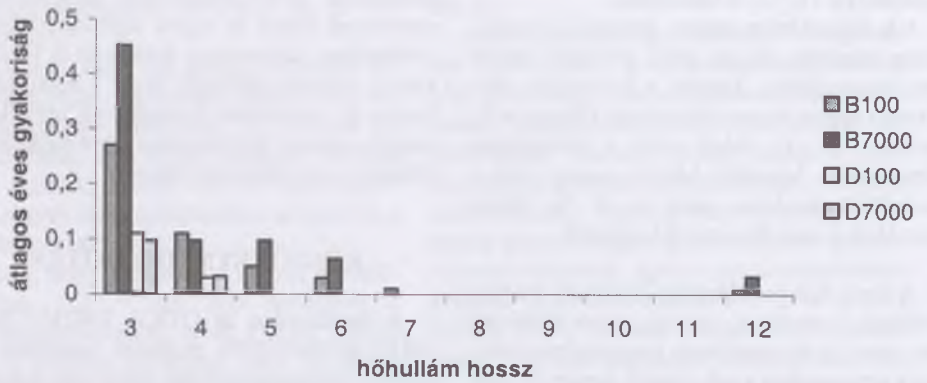
A kutatásunkat az OTKA T042583 és az NKFP 6-00079/2005 projektek keretében végeztük. A támogatást külön köszönjük a projektek vezetőjének, *Hamos Zsolt* professzor úrnak.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BENISTON, M. – DIAZ, H. F. (2004): The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland. *Global and Planetary Change* Volume 44, Issues 1–4, 73–81. pp. (2) HARNOS ZS. (2007): Klímaváltozással összefüggő hazai kutatások: a VAHAVA folytatása. „Klíma-21” Füzetek, 49. sz. 3–15. pp. (3) HORVÁTH L. – GAÁL M. (2006): Spatial analogies in service of climate change analysis. 6th Annual Meeting of the EMS / 6th ECAC 4 – 8 September 2006, Ljubljana, Slovenia abstract CD-ROM (4) HORVÁTH L. – GAÁL M. – SOLYOSI N. (2007): Spatial analogues in climate change research. EFITA/WCCA 2–5 July 2007, Glasgow, Scotland, Paper CD-ROM 22. p. (5) POUMADÈRE, M. – MAYS C. – LE MER, S. – BLONG, R. (2005): The 2003 Heat Wave in France: Dangerous Climate Change Here and Now. *Risk Analysis* Volume 25 Issue 6. 1483–1494. pp. (6) SCHÄR, C. – VIDALE, P. L. – LÜTHI, D. – FREI, C. – HÄBERLI, C. – LINIGER, M. A. – APPENZELLER, C. (2004.): The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427, 332–336. pp. (7) SOLYOSI N. – MARÓTI-AGÓTS Á. – ÓZSVÁRI L. – KÖNYVES L. – HORVÁTH L. – KERN A. (2007): Region specific heat stress forecast for cattle production based on climate change. GISVET'07, Copenhagen, 22–24 August 2007. (8) SZENTELEKI K. (2007): A KKT programrendszer leírása. „KLÍMA-21” Füzetek – in press (9) SZENTELEKI K. – LADÁNYI M. – ERDÉLYI É. – HORVÁTH L. – HUFNAGEL L. – RÉVÉSZ A. (2007): A KKT klímakutatás adatbáziskezelő szoftver bemutatása. Georgikon Konferencia, Keszthely 5. p. (10) SZENTELEKI K. – LADÁNYI M. – SZABÓ É. – HORVÁTH L. – HUFNAGEL L. – SOLYOSI N. – RÉVÉSZ A. (2007): Introducing the KKT climate research database management software. EFITA Conference, Glasgow (11) Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat, <http://www.antsz.hu>. (12) Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report „Climate Change 2007” (2007) (13) National Weather Service, <http://www.nws.noaa.gov> (14) Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects, <http://prudence.dmi.dk>. (15) World Meteorological Organization, <http://www.wmo.ch>

1. ábra

Történelmi adatok, TátI>26,6



A budapesti és a debreceni hőhullámok eloszlása az 1901–2000 (B100, D100) és az 1970–2000 (B7000, D7000) időtávon

2. ábra

Budapesti scenáriók, TátI>26,6



A hőhullámok eloszlása Budapesten 2070–2100-as időtávon az ÁNTSZ definíció alapján (B-Budapest, HC-Hadley Center, MP-Max Planck Institute)

3. ábra

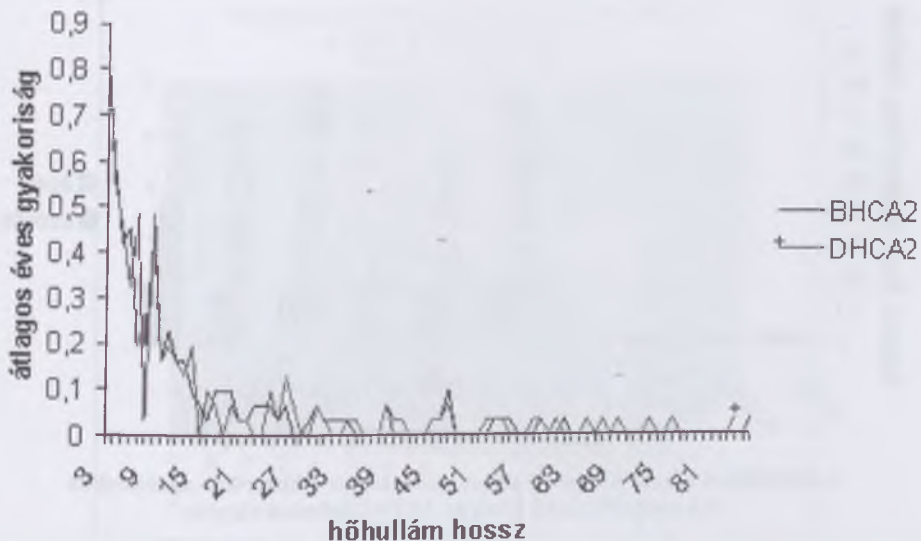
Debreceni scenáriók, $T_{\text{átl}} > 26,6$



A hőhullámok eloszlása Debrecenben 2070–2100-as időtávon az ÁNTSZ definíció alapján (B-Budapest, HC-Hadley Center, MP-Max Planck Institute)

4. ábra

HCA2 Budapest-Debrecen, $T_{\text{átl}} > 26,6$



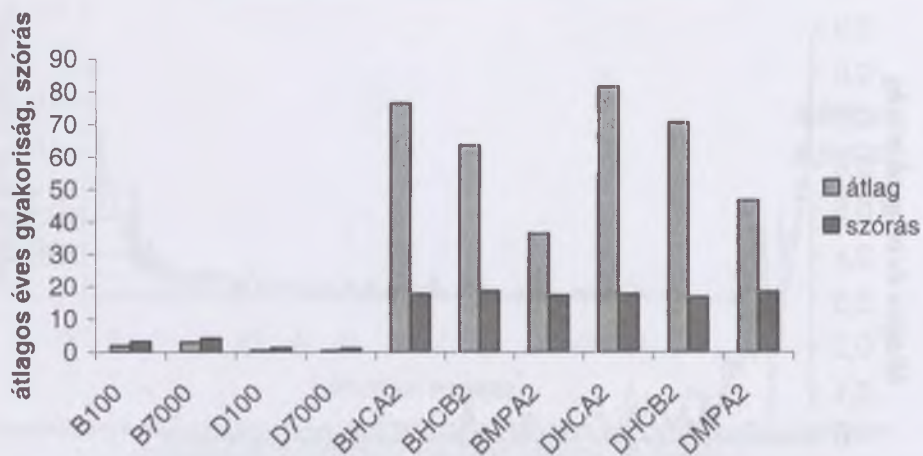
A hőhullámok eloszlása Budapesten és Debrecenben 2070–2100-as időtávon a Hadley Center A2-es modellfuttatásánál, az ÁNTSZ definíció alapján

5. ábra

Budapest-Debrecen, MPA2, T_{átl}>26,6

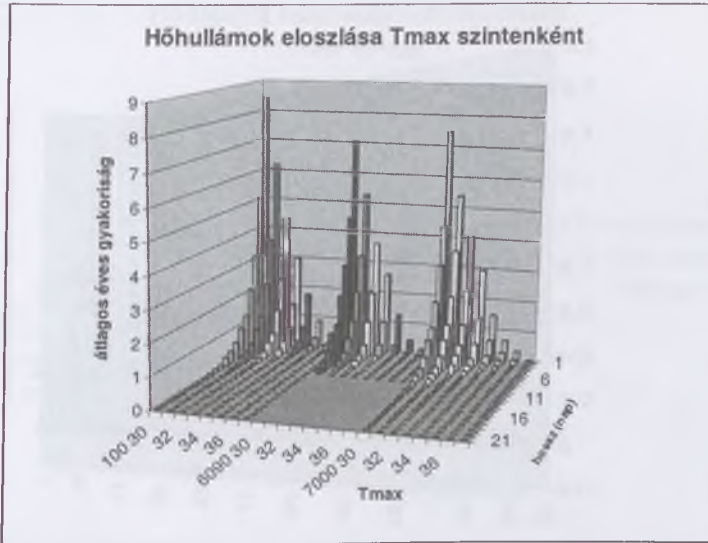
A hőhullámok eloszlása Budapesten és Debrecenben 2070–2100-as időtávon a Max Planck Institute A2-es modellfuttatásánál, az ÁNTSZ definíció alapján

6. ábra

Hőhullámos napok száma (T_{átl}>26,6)

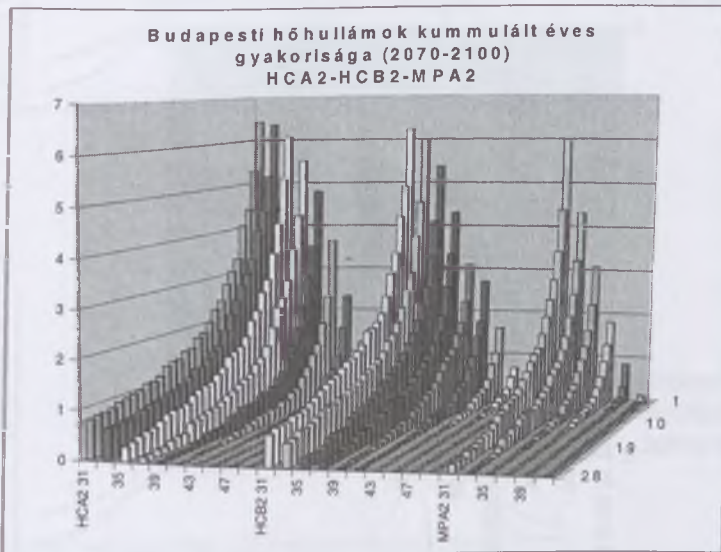
A hőhullámos napok átlagos száma és azok szórása a historikus adatsorokon és a modellfuttatásokban az ÁNTSZ definíció alapján

7. ábra



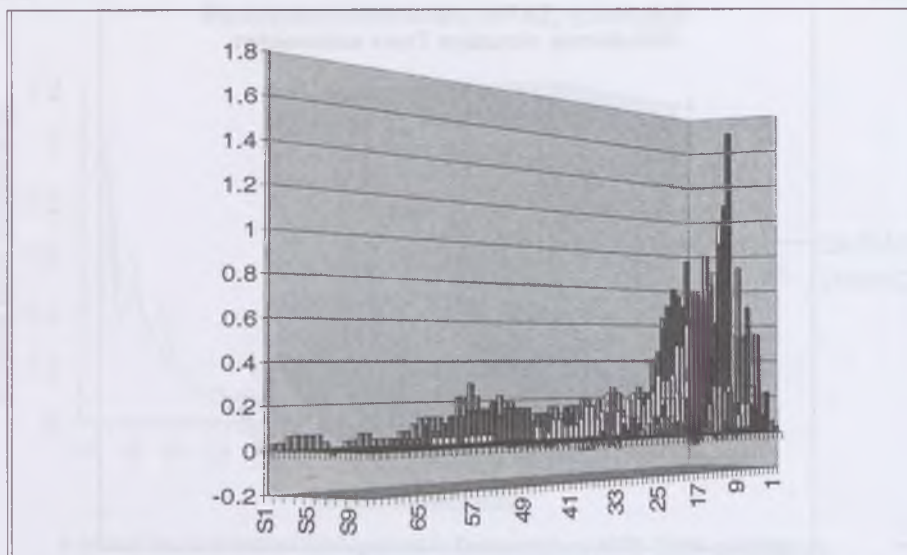
A három bázisidőszak maximum-hőmérsékleti „hőhullámainak” hossz és intenzitás szerinti eloszlása, hőmérsékleti szintenként kumulálva

8. ábra



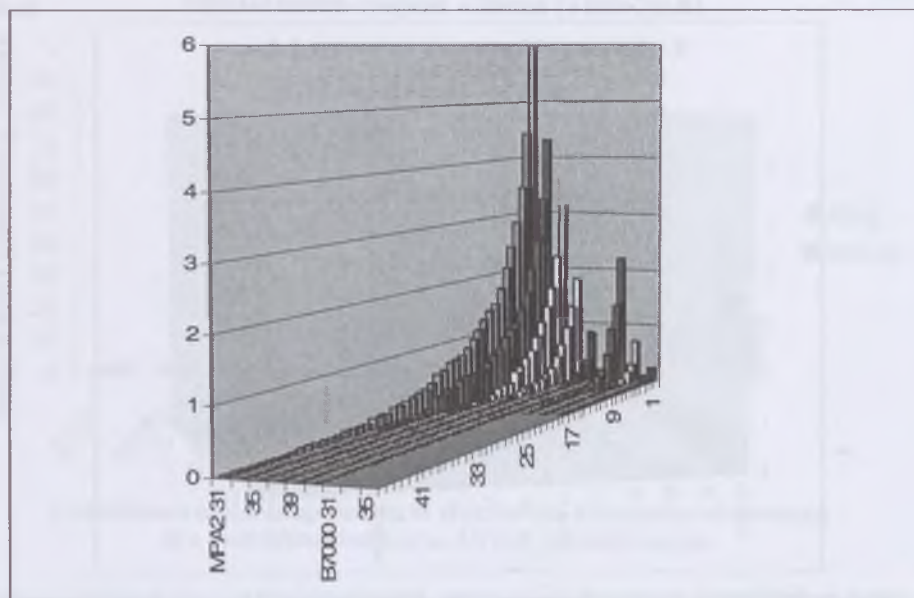
A három modellfuttatás maximum-hőmérsékleti „hőhullámainak” hossz és intenzitás szerinti eloszlása, hőmérsékleti szintenként kumulálva

9. ábra



A HCA2 és a HCB2 futtatások gyakoriságainak különbségei

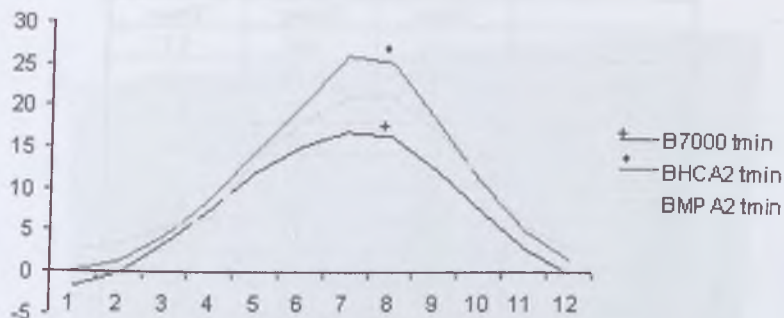
10. ábra



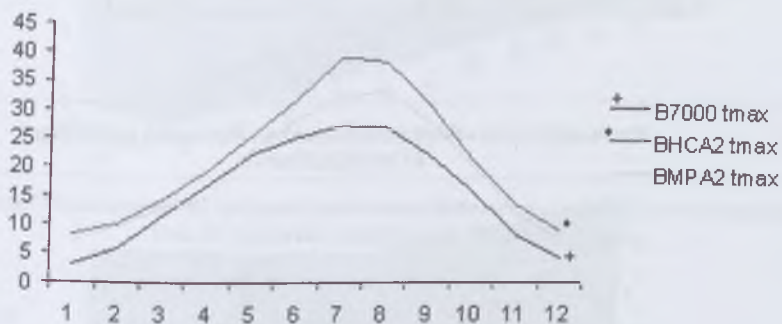
Az MPA2 és az 1901–2000 historikus adatsor hóhullámainak összehasonlítása

11. a, b, c ábra

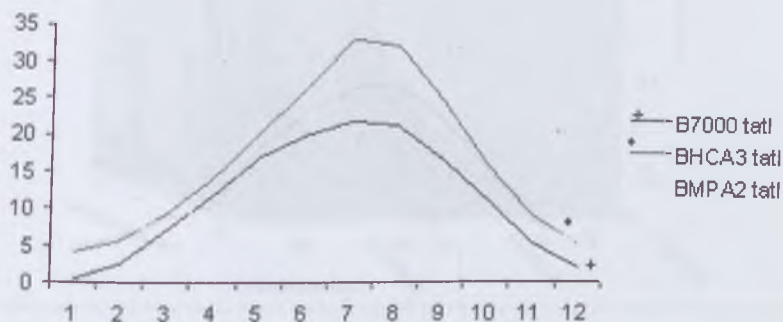
Budapesti minimumhőmérsékletek havi átlaga



Budapesti maximumhőmérsékletek havi átlaga



Budapesti átlaghőmérsékletek havi átlaga



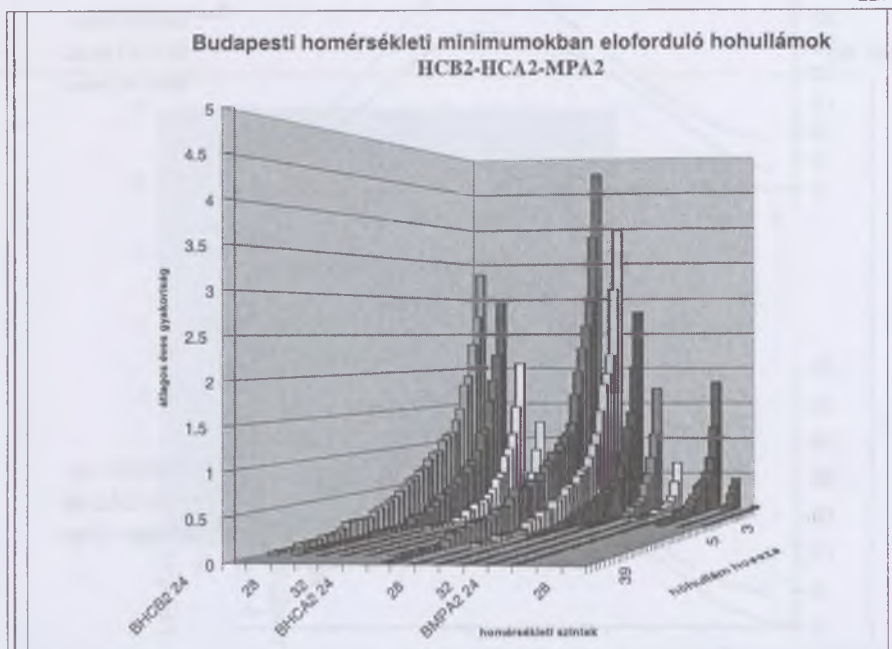
A budapesti minimum-, átlag- és maximum-hőmérsékletek havi átlagának alakulása az 1970–2000-es időtávon a historikus adatok esetében és a 2070–2100-as időtávon a HCA2 és az MPA2 modellfuttatások esetében

1. táblázat

A HCA2 futtatás és az 1970–2000 idősor havi minimum-, átlag-, maximum-hőmérsékleteiből képzett 31 éves átlagok különbségei

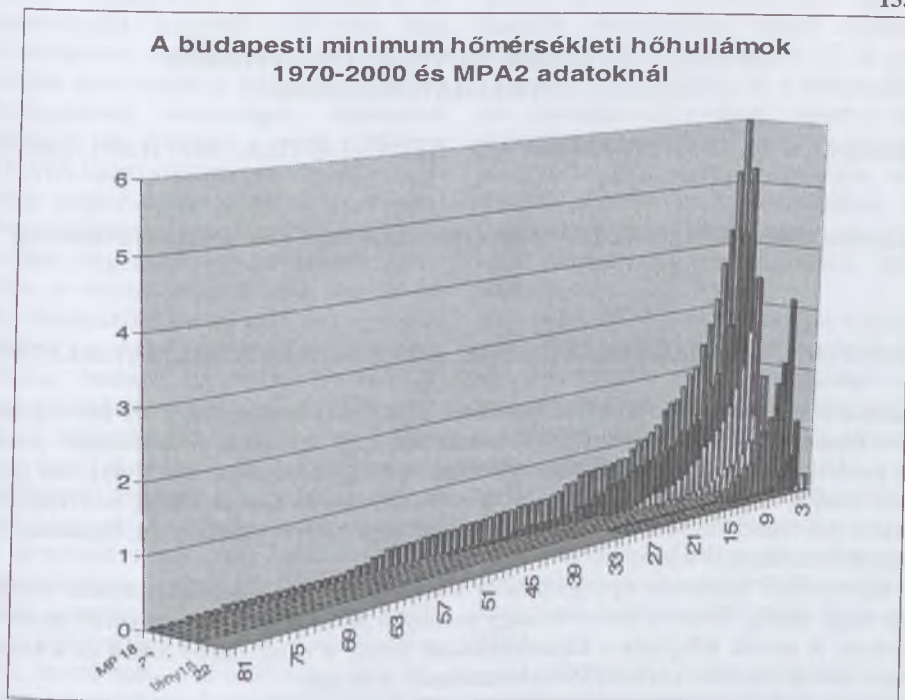
	Tmin	Tátlag	Tmax
Január	1,98	3,68	5,27
Február	1,40	3,18	4,35
Március	0,89	2,27	2,83
Április	1,25	2,39	2,57
Május	2,62	3,42	3,44
Június	4,96	6,46	6,85
Július	9,21	11,23	11,79
Augusztus	8,87	10,89	11,36
Szeptember	5,94	7,92	8,67
Október	3,47	4,71	5,41
November	2,18	3,71	5,36
December	1,66	3,17	4,55
Éves	3,70	5,25	6,04

12. ábra



A budapesti minimum-hőmérsékleti hóhullámok hőmérsékleti szintenkénti eloszlása a három modellfuttatás esetén

13. ábra



A „best case” összehasonlítás budapesti minimum-hőmérsékleti hőhullámok hőmérsékleti szintenként kumulált eloszlásainak összehasonlítása

IIIEX+

AZ ALKALMAZKODÓ MŰVELÉS JELENTŐSÉGE A TALAJ- ÉS KLÍMAVÉDELEMBEN

BIRKÁS MÁRTA – JOLÁNKAI MÁRTON – STINGLI ATTILA – BOTTLIK LÁSZLÓ

Kulcsszavak: talajművelés, talajállapot, felszíntakarás, nedvesség, szénvesztesség

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Tarló-klíma kísérleteket nyári időszakban, 55–80 nap tartammal, 2005 óta végzünk. A kísérletekben alkalmazott művelési variánsok által időszerű, érdeklődésre számot tartó problémák tanulmányozhatók, úgymint: a talaj lazultsága, talajbolygatás mélysége és módja, a felszín elmunkáltsága és a felszíntakarás hatása a talaj nedvességforgalmára, művelhetőségére, morzsáságára, biológiai életére, minőségére, összességében a klímakár-csökkentő hatására.

A kísérletezés folyamán új fogalmakat alkottunk, mint pl. a klíma-stressz, amely a tartós nagy hőség, illetve a heves és nagy mennyiségű esők hatására is bekövetkezhet a talajokon. A másik kifejezés a klímakockázat, amely a talajállapot-hibák és a talajba történő beavatkozások várható következményeit jellemzi.

A klíma-stressz enyhítése érdekében különösen a nyári művelésekkel szemben szűkebb követelményeket támasztani. Az 1. feltétel a vízforgalmat gátló tömörödés megelőzése, illetve ilyen hiba esetén lazító művelés; a 2. feltétel a sekély vagy sávos bolygatás hőségnapokon; a 3. a talaj klíma-érzékenységet fokozó rögzképződés és porosodás elkerülése; a 4. feltétel a felszín egyenletessége, vagyis a vízvesztő felület minimalizálása; az 5. a felszín takarása lehető hosszú ideig. A kísérletek a vízmozgást gátló tömörödéstől mentes állapot, továbbá a talaj morzsás szerkezetét kímélő, a morzsásodás folyamatát elősegítő, a minél kisebb vízvesztő felületet hagyó és a felszínt 35–45%-ban takarva hagyó művelések tartós klímavédő hatását igazolták. Bizonyítható a mély, a rögzképző, a nagy vízvesztő felszínt hagyó művelés, a takaratlan felület és tömör talajállapot klíma-stressz fokozó hatása mind szélsőségesen száraz, mind váltakozóan csapadékos nyári idényben.

BEVEZETÉS

A klímaváltozás mezőgazdaságot érintő hatásai között a klimatikus vízhiány, az ariditás (szárazodás), a szélsőséges időjárási események gyakorisága megkülönböztetett figyelmet kap a jelenben, és remélhetőleg hatásos védelmi intézkedéseket von maga után a jövőben is. A klímavédelem a mezőgazdaságban alapvetően kármegelőzésre és

kárcsökkentésre, továbbá aktív, a körülmények szerint folyamatosan fejlesztett alkalmazkodásra irányulhat. A növénytermelés jövőbeni esélyeit az alkalmazkodás hiánya nagy valószínűséggel lerontja, betartása és fejlesztése pedig adott esetben bővítheti is (Harnos, 2007; Várallyay, 2007). A termelés külső és belső körülményeihez való alkalmazkodás a termésstabilitás fenntartásának hátterét képezte korábban, a globális klíma-

változást megelőzően is. Ugyanakkor az alkalmazkodás hiányára többnyire csak kedvezőtlenebb években derült fény, mivel a termelés szempontjából kedvezőbb években elhanyagolható veszteségek keletkeztek (Birkás et al., 2006; Jug et al., 2007). A VAHAVA kutatások kapcsán végzett vizsgálataink megerősítették, hogy pl. a talajhasználat tökéletlensége – ideértve a hiányos művelést, trágyázást vagy növényvédelmet – esetén a veszteségeknek csak egy részét befolyásolhatták klímaelemek (pl. a csapadékhiány), a másik, sokszor nagyobb része komplex hatások (pl. nagy vízvesztéses egyes művelések hatására) nyomán keletkezett. A talajművelés egyébként is sajátos helyet foglal el a klímahatásokat befolyásoló gazdálkodási tényezők között. Míg a kedvezőtlen közgazdasági körülményekre a művelési gyakorlat rövid időn belül reagál, a klímaváltozásra – kivételektől eltekintve – sokkal lassabban. Az előbbi, a gyorsabb válasz ellenére sem minősíthető megnyugtatónak, mivel nem csak a költségesebb, hanem a talajminőség fenntartása érdekében szükséges eljárásokat hagyják el. A klímaszélsőségekre adandó szakszerű választ pedig erőteljesen korlátozzák a hagyományok. Tipikus példája ennek a búzatarlók aratás utáni felszántása, a vízvesztő felület csökkentése nélkül, függetlenül az idény csapadékviszonyaitól (Birkás et al., 2007).

Az aszályformák különbözően hatnak a talajművelésre. Aszályos évben (amikor az októbertől a következő szeptemberig lehullott csapadék összege legalább 20%-kal kevesebb a sokévi átlagnál) is előfordul, hogy a kevés csapadék jó eloszlású (pl. 2007. szeptember), ezért a művelést csak a szakszerűtlenségek nehezítik. Ilyenkor a művelés eredetű talajállapot-hiba keletkezésének kisebb a valószínűsége. Az alkalmazkodás módjai közé a gondos tarlóművelés, a minél kisebb vízvesztő felület kiképzése sorolható (Birkás, 2007).

A téli félév csapadékminimuma a tavaszi magágykészítés minőségét és a növények fejlődését is behatárolja. A vonatkozó példa

friss, a 2006. év októberétől 2007. áprilisig a szántott, elmunkálatlan talajok nedvességvesztése 40–120 mm-t tett ki. A következmény, a kelési hiány és a terméscsökkenés súlyosabb volt a vártnál, mivel az áprilisi szárazság is súlyosbító körülményként jelentkezett. A hagyományok ereje, az elmunkálatlan barázdák hófogásában való bizakodás a jelenlegi körülmények között nem sorolható az alkalmazkodás módjai közé.

A nyári félév csapadékossága a nyári és az őszi eleji művelési időnyre van hatással. A talaj különösen a hosszú tenyészidejű növények után szárad ki nagyobb mélységig. Bár a művelés nehézkes, a talaj jól járható, a taposási károk kisebbek, és a tarlómaradványok is jól apríthatóak. Az alkalmazkodás elmaradására a szántások erőltetése utal. Ugyanakkor a talaj alacsony nedvességtartalma alkalmat ad a tömörödött gyökérszóna állapotának hatékony javítására (Kisic et al., 2006).

A műveléssel adott idényben, illetve hosszabb időszak alatt kialakult talajállapot a klímaváltozás kapcsán megkülönböztetett figyelmet érdemel. Ennek oka a talajállapot és a nedvességforgalom (a befogadás és a veszteség mérlege) hatékonysága közötti szoros összefüggés. A VAHAVA jelentés (Láng et al., 2007) a növénytermelés alkalmazkodási lehetőségei között az öntözés mellett kulcskérdésként kezeli a csapadék befogadását és megőrzését, továbbá a szárazságot és az esetenkénti nagy csapadékot figyelembe vevő talajművelést. Az ajánlatok között nemcsak klímavédelmi, hanem talajminőség-kímélési szempontokat is találunk, úgymint a szén-dioxid-kibocsátás, a szénvesztés csökkentése, szakszerű tarlógondozás és talajtakarás, a talaj nedvességforgalmának fenntartása. Dolgozatunk ehhez a gondolatkörhöz kapcsolódik, talajművelés témakörben vizsgáljuk a klímaviszonyokhoz való alkalmazkodás és a kárenyhítés lehetőségeit. A vonatkozó kísérleteket olyan kritikus időszakban (nyáron) végeztük, amikor a talajba való beavatkozás és a felszántakarás

hatékonyága nyomán nem csak a művelések, hanem az alkalmazkodás szintje is objektív módon rangsorolható.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Tarló-klíma kísérleteket Hatvan körzetében, a *Szent István Egyetem GAK Kht. Jó-zsef-majori Kísérleti és Tangazdasága* területén, mely termőrétegű, vályog fizikai féleségű csernozjom talajon 2005 óta végzünk. A kísérletek időtartama 2005-ben 55 nap (aug. 1.–szept. 24.), 2006-ban 60 nap (júl. 26.–szept. 25.), 2007-ben 80 nap (júl. 12.–szept. 30.). A kezdő napot az őszi búza betakarítási ideje szabja meg. 2005-ben hat művelési kezelést alkalmaztunk, amelyek: 1. hántatlan tarló (kontroll); 2. tarlóművelés hagyományos tárcsával; 3. művelés hagyományos tárcsa gyűrűshenger kapcsolással; 4. hagyományos tárcsa, pálcás-henger kapcsolással; 5. művelés síktárcsás porhanyítóval; 6. művelés kultivátorral. Az 1–3. kezelés a gyakorlatban elterjedt módot, a 4. kiegészítő megoldást, az 5. és 6. elterjesztésre javasolható modellez. 2006-ban és 2007-ben a már ismertetett hat mellé újabb kezeléseket vontunk be, vagyis 7. szántás ágyékével, elmunkálás ekére szerelt forgóelemmel; 8. szántás ágyékével, elmunkálás síktárcsával; 9. szántás váltvaforogató ekével, elmunkálás nélkül; 10. szántás váltvaforogató ekével, elmunkálás szeletelő hengerrel; 11. talajlazítás elmunkálás nélkül; 12. talajlazítás, elmunkálás síktárcsával. Az elmunkálatlan és lezártalan felszínű szántás és lazítás a klímaszélsőség miatt nem kívánatos megoldásokat, az elmunkált változatok többnyire javasolható módszereket modelleznek. A művelési mélységet és a jelöléseket az 1. táblázat szemlélteti.

A kísérlet három ismétléses, bennük állandó mérési mintaterekkel, egy parcella hossza 200 m, szélessége az eszközök munkaszélességének négyszerese (12–24 m). Az őszi búzatarló felületét a kísérlet beállítása előtt 1,0; 1,9; illetve 2,0 (átlagosan 1,0)

t ha⁻¹ zúzatlan szalma borította, amelyen belül három borítottság volt elkülöníthető, 15, 45 és 100%. A szalma betakarítását a tangazdaság állatállományának alomszüksége indokolta. Az 1,0 t ha⁻¹ szalma 400 kg ha⁻¹ szénmennyiségnek felel meg. A jobb minőség érdekében a kísérleti parcellákat és a művelések irányát 30°-os szögben jelöltük ki. A művelésekre minden évben az aratást és a szalma bálázását követő 2. napon került sor, amikor az ún. *beárnyékolási* morzsák még nem károsodtak. A talajállapotváltozások elbírálásához fontos megjegyezni, hogy a búza tárcsás alapművelésben részesült.

A kísérlet ideje alatt 2005-ben 285, 2006-ban 279 mm, 2007-ben (szept. 1-ig) 74 mm csapadék hullott. A nyári időszak 2005-ben csapadékosnak, 2006-ban szélsőségesnek (augusztus közepéig esős, azt követően száraz), 2007-ben ugyancsak szélsőségesnek (száraz tavasz, száraz periódusokkal változó nyár) minősül.

A vizsgálati módszereket úgy választottuk meg, hogy alkalmas adjanak a művelések egzakt összehasonlítására, a különbözően csapadékos időszakban várható előny és kockázat kimutatására. A talajállapotvizsgálatokat 10 naponta 10 ismétléssel, a tarlómaradványok változását 14 naponként mértük, négy ismétlésben. Matematikai értékelést, szükség szerint, *Sváb (1981)* nyomán végeztünk. A vizsgálatok módszereit, amelyeket a vonatkozó előírások szerint alkalmaztunk, az alábbiakban ismertetjük:

1. A tarlómaradvány- és árvakelésborítottság (%) mérése, 0,25 m² területű mérőkerettel.

2. A felszínen hagyott, illetve a talajba kevert szalmatömeg meghatározása 0,25 m² területről kiválasztással és tömegméréssel.

3. Nedvességtartalom-mérés gravimetrián, illetve Field Scout TDR 300 talajnedvesség mérő műszerrel (*Daróczy, 2005a* nyomán), 40 cm mélységig, 10 cm-enként.

4. A talajlazultság megállapítása a penetrációs ellenállás (MPa) alapján, Szarvasi

rugós erőmérővel (*Daróczy, 2005b* nyomán), a 0–50 cm mélységben, 10 cm rétegenként.

5. Agronómiai szerkezetvizsgálat a 0–10 cm rétegből vett mintákból, a rög (>10 mm), a nagymorzsa (2,5–10 mm), a kismorzsa (0,25–2,5 mm) és a por (<0,25 mm) száraz szitálásos elkülönítéssel (V. ö. *Dvoracek, 1957, Birkás kiegészítése, 2007*).

6. A talaj hőmérsékletét DTM szondával 5–80 cm között, 10 cm rétegenként mértük.

7. A szén-dioxid-kibocsátás mérése gáz-analizátorral (INNOVA 1312 Multi-gas monitor), 3 ismétlésben, friss művelésben, ezt követően 4 hetes időközökkel történt. A szén-dioxid-emissziót ppm-ben mértük, és szénmennyiségre számítottuk át. A számításhoz felhasznált képlet *Tóth T. et al. (2005)* nyomán a következő:

$$F = (1/A) * (p * V) / (R * (273,15 + T)) * (\Delta C / \Delta t)$$

amelyben:

F = szénkibocsátás, flux (g m⁻² min⁻¹)

A = 0,030 m² – a mérőkamra alapterülete (m²)

V = 0,003 m³ – a mérőkamra térfogata (m³)

p = 10132,500 N m⁻² – gáznyomás

R = 8,314 J/mol K – gázállandó

273,15 – hőmérséklet átszámítás (Kelvinről °C-ra)

T = a levegő hőmérséklete (°C)

ΔC = szén (g)

Δt = a mérés időtartama (perc)

A vizsgálati eredmények közül jelen dolgozatban három fontosat választottunk ki. Ezek a következők: 1. A felszín-elmunkált-ság és a takarás szerepe a klímavédelemben. 2. A talajállapot-változások minősítése, összefüggésben a nedvességgel. 3. A tarló-művelések talajvédő hatásának elbírálása.

EREDMÉNYEK

A tarlóművelésnek a klasszikus szerzők az 1800-as évek óta jelentőséget tulajdonítottak, megjelölve a várható eredményeket

is, így a talaj nedvességveszteségének csökkentése, hő- és levegőforgalmának szabályozása, biológiai tevékenységének pezdítése révén a művelhetőség javítása, az árva- és gyomkelés előmozdítása. A tarlómaradványok felszínén hagyása védelmi céllal, a hőstressz, illetve a csapadék eliszapoló hatásának csökkentése a klímakár mérséklése okán vált fontos követelménnyé.

A felszín-elmunkáltság és -takarás szerepe a klímavédelemben

A klíma-stressz csökkentése különösen a nyári talajművelésekkel szemben támaszt a korábbiaknál szigorúbb követelményeket. Bár ezek teljesítése számos tényezőtől függ, a legfontosabb mégis a humán tényező: felméri-e a gazdálkodó tevékenysége következményeit?

A nagy felület a vízvesztés miatt nyári műveléskor nem kedvező, ezért is ajánlott elmunkáló elem használata. A felszínvédelem minősítésében alapvető tényező a felületet növelő rögösség aránya, illetve – csekély takartság esetén – az eliszapolódó por mennyisége. A rögösség alapján az a mód alkalmasabb, amely nyomán kevesebb a felszínen a vízvesztést növelő (>30 mm) frakció aránya, és inkább a 10–30 és az 5–10 mm frakciók dominálnak (1. ábra). A minőség sorrendje a kísérletek beállításkor a következő volt: SP > K > LE > HTGY = SZSP > HTPH > HT > SZF = VSZE > VSZ > L. A nyáron egyre gyakoribb morzсарomboló heves esők miatt a nagy porfrakció sem előnyös, mivel a por eliszapolódik, kiszáradva cserepesedik, és lezárja a biológiai tevékenységhez szükséges levegő talajba áramlását. A legtöbb por a 2007. évi száraz talaj körülmények között képződött, azonban a talaj jó fizikai kondíciójának betudhatóan nem volt domináns egyik kezelésben sem. Ugyanakkor 10–24% porfrakció-arány elegendő volt ahhoz, hogy a hiányosan takart (HT), illetve a takaratlan felszín (SZF, VSZ, VSZE, SZSP) a második, 10 mm-t

meghaladó csapadék hatására eliszapolódjon.

A felszín fedettségét hántáskor az eredeti borítottság (csekély: 15%, közepes: 45%, teljes: 100%) és a hántás eszköze befolyásolta. A kísérlet kezdetén a tizenegy művelési variáns közül négy takarását minősítettük jónak (SP, K, HTGY, HTPH, 1. táblázat). A hántatlan talaj az egyenetlen borítottság miatt legfeljebb közepesnek volt minősíthető. A nyári sekélyművelésekhez tehát olyan eszköz és eljárás felel meg, amely után legalább 30, optimálisan 40–45% felszínborítottság marad, egyenletes eloszlásban. Az idő előre haladásával a felszínborítottság a szalma feltáródásától függően csökken. Ebben a hőmérséklet ingadozása, az átnedvesedés és a kiszáradás ismétlődése, a talaj nitrogéntartalma és biológiai tevékenysége játszik szerepet. A 2006. évi szélsőséges időben a hántatlan, illetve a lazított, elmunkálatlan talaj nagyobb (> 50%) borítottsága az idő végére 20–30%-kal csökkent, a művelt talaj felszínén jelentősebben (40–60%-kal, 2. ábra). A kisebb vagy lassúbb mulcsfogyás a talaj kiszáradásának mérséklésében előnyös, ugyanakkor növényvédelmi okból esetenként (hasonló kártevők, kórokozók miatt) hátrányos is lehet. A sekélyművelések mulcsszázaléka a kiinduló állapottal van összhangban. Az elmunkálatlan tárcsázás felszíne nyár végén 17%-ban volt takart, emiatt adott szélsőséges időben kisebb védő hatást nyújtott. Ezt a morzsásodás visszaesése is alátámasztotta. A sekélyműveléses, elmunkált felszínű kezelések borítottságát a klímakörülményekre tekintettel a leginkább kritikus időszakban, és a teljes időben is kielégítőnek minősítettük, mivel a talaj és a nedvesség védelmét az elvárásoknak megfelelően töltötték be. A felszín-elmunkáltság és a -takarás összefüggéseit mutató 1. ábrán a görbék közti kis távolság jó, míg a nagy gyenge védőhatásról tájékoztat.

A felszínvédelemben figyelembe vehető az ún. *árvakelés*, amely csapadékos időszakban 14–20 nap elteltével 20–25%, 45–

60 nap elteltével 45–65% borítottságot adhat. A gyakorlat elvárása szerint az a tarlóművelési mód hasznosabb – függetlenül a csapadéktól –, amely nyomán jobb az árvakelés. Aszályos időben (2007) az első áztató csapadékot követően várható csak árvakelés, amely egyben szerencsés, mivel nem kell számolni újabb vízfogyasztó tényezőkkel.

A felszíni rögzőség és takartság – tekintettel a szélsőséges nyári időre – alapján a művelések jó, közepes és gyenge védő hatás szerint csoportosíthatók. A kis felületet hagyó, nem rögzítő és nem porképző, mulcshagyó eszközök nyomán kialakuló állapot (SP, K, HTGY) változóan csapadékos (2005, 2006) és hosszú száraz idő (2007) esetén is klímavédő hatású. Közepes védőhatás jellemzi – bármely időben – az egyenetlenül takart bolygatatlan felszínt (HN), az elmunkálatlan (HN), vagy hiányosan elmunkált (HTPH) felszínt, és az egyes mélyebb művelésekkel kialakult állapotot (LE, SZSP). A rögzőség és a maradványoktól mentes felület okán nincs védő hatása az elmunkálatlan szántásnak (VSZ). Ennél még a sávosan nyitott felszín is jobbnak bizonyul, mivel a lazított sávok közé került szalma 30–35%-ban takarhatja a felszínt. Az egyenetlen, lezártalan felszínű talaj (SZF, VSZE) védő hatása száraz és csapadékos időben is gyenge. Összességében megállapítható, hogy adott mélységű talajbolygatás esetén a klímavédő hatást a tarlómaradványok borítottsága növeli, hiánya pedig többnyire csökkenti.

A talajállapot-változások minősítése, összefüggésben a nedvesséfgorgalommal

Ahhoz, hogy a hántott réteg betölthesse hőszigetelő és nedvesség befogadó funkcióját, a talajnak lazábbá kell válnia a hántatlan állapothoz. Ellenben a nedvességvesztés csökkentésének a relatíve kicsi, tömörített felület alkalmasabb. Ezek a követelmények a művelési változatokra jellemző módon

teljesültek a kísérletben. A különböző mélyen és minőségben hántott talaj állapotok hosszabb idő alatt mérhető módon változik, amely befolyásolja a nedvességforgalmat is. A 2005. évben, az ismétlődő csapadékos periódusok miatt a nedvességvesztés csökkentése ésszerű volt, de kevésbé kényeszerű, mint 2006-ban és 2007-ben. A heves esők – minden évben volt 4–5 alkalommal – fokozták a felszín ülepedését, a tarlómaradványok, az árvakelés és a leperzselt árvakelés mérsékeltek. A talaj későbbi művelhetőségét tekintve fontosabb a hántott réteg alatti 10–15 cm szelvény állapotának változása. A búzatarló talaja, az előző évi tárcsás művelésnek betudhatóan, tömör volt a 16–18 cm rétegben. A tömör réteget a mélyebb művelések átmunkálták. A sekélyműveléses kezelek alatt a tömör állapot a talaj felnyirkosodása, illetve a biológiai tevékenység pezdülése nyomán porhanyult át, azonban nem egyformán. Míg a klímavédelemben is kedvezőnek minősülő változatok (SP, K, HTGY) alatt a tömör réteg enyhült (3. ábra), a gyenge klímavédő hatású változatok (HTPH, HT) alatt a talaj kevésbé lazult. A mélyebben művelt talajok abban az esetben lazultak érdemlegesen a megmunkált mélység alatt, ha a beállított állapot megfelelt a klímavédelmi elvárásoknak, amely maradványtól mentes felszín esetén nem csak egyenetlét, hanem lezárást is magában foglalta (SZSP, VSZE, LE).

A nyári művelések fontos bírálati szempontja, a klímakár-csökkentést alapul véve, a talaj nedvességforgalmára gyakorolt hatás. A kísérletezés alatt nyilvánvalóvá vált, hogy valós bíráló az 5–7. napon tehető, amikor a különbözően bolygatott és takart talaj beáll az adott állapotra jellemző nedvességforgalomra.

A nedvességvesztés mérséklésében legjobbnak bizonyult a siktárcsás porhanyítóval (SP) és a kultivátorral (K), illetve hagyományos tárcsával hántott és lezárt (HTGY, HTPH), mulccsal megfelelően takart állapot (4. ábra). Az első kettő újabb terjedő módszer, a másik kettő az egyszerű eszközökkel

rendelkező, de a nedvességre figyelő tarlóművelés hagyományos módszere. Közepesnek minősül a bolygatatlan talaj (HN), illetve a lezárt felszínű szántás (SZSP) és talajlazítás (LE). Rangsorbeli helyük arra utal, hogy a mélyebb tarlóműveléshez ragaszkodó gazdálkodók megfelelő ellenlépéseket tehetnek a nagyobb nedvességvesztés elkerülésére. Gyenge nedvességkímélő hatást mutat a tárcsázott és elmunkálatlan talaj (HT), amely a következmények miatt méltatlanul élvez megbecsülést a gyakorlatban. Ebbe a kategóriába tartoznak azok a szántott talajok is, amelyek egyenetles, de lezáratlan felszínű talaj (VSZE, SZF).

A mélyen bolygatott és az elmunkálatlan talaj (VSZ) nagy vízvesztése kérdésszerű teszi alkalmazhatóságát a mind szélsőségeiből klíma alatt. A négy csoportra jellemző nedvességforgalmi arányok száraz és nyirkos talajállapotnál matematikailag is igazolhatók. Megállapítható, hogy a mélyebben művelt talajok nedvességforgalmában kevésbé a bolygatás mélysége, inkább a felszínalakítás volt a meghatározó. Ezt tükrözi ugyanis az összesítés eredményeként kialakult sorrend: $LE > SZSP > L > VSZE > SZF > VSZ$. A talajt csak sávosan feltörő lazítás és sekélyporhanyítás (LE), továbbá a lezárt felszínű szántás (SZSP) és a nyitva hagyott szántás (VSZ) között érdemi különbség alakult ki az utóbbi hátrányára. Ez a jelenség újól fog felhívja a figyelmet a nyári elmunkálatlan szántások nyomán várható klímakockázatra.

A művelésekre jellemző nedvességforgalom más módon, egységekben is kifejezhető. A kisebb egység szám jó, a nagyobb pedig gyenge a nedvességkímélésben. Pl. a lezáratlan szántásra (VSZ) 2007-ben, 80 nap összesítése után 4, az elmunkált egyes mélyebb művelésekre (VSZE, SZF) 2,5, az elmunkálatlan tárcsázásra (HT) és a lezárt mélyebb művelésekre (LE, SZSP) 2,1, az elmunkáltakra (HTGY, HTPH) 1,5, a szakszerű tarlóművelésre (SP, K) 1 egység jellemző. A hántatlan tarló (HN) nedvességforgalmát az árvakelés előtt 2,0 egységgel, míg teljes borítás után 2,2-egységben fejezhetjük

ki, mivel nagyobb a talaj vízvesztesége. Emellett 0 egységet kaphat a bolygatatlan, teljes felületen 5 cm vastagon fedett talaj, amely a befogadott nedvességből minimális mennyiséget veszít. Ilyen variáns azonban csak mesterségesen állítható elő.

A tarlóművelések talajvédő hatásának elbírálása

A talajvédő hatás elbírálását a morzsvédelem, a morzszaképződés és a szén-dioxid-kibocsátás (flux) alapján minősítettük.

Az agronómiai szerkezet – a rög (> 10 mm), a morzsa (0,25–10 mm) és a por (< 0,25 mm) aránya – nem csak a műveléshatás, hanem időegység alatt a talajkondíció (javuló, változatlan, romló) elbírálására is alkalmas jellemző. A morzsásodást az erre hajlamos talajokon a csapadék, a csapó esők gyakorisága, a száradás, a hőségnapok száma, a felszín borítottsága befolyásolja. Esetünkben a klímavédelem okán a morzsásodás előrehaladása lényegesebb. A sekélyműveléses kezeléseknél a morzsásodás, bármelyik idényt tekintve, a kezelésekkel kialakult talajállapottal összhangban változott. Azt tapasztaltuk, hogy a felszín 30%-nál nagyobb (optimálisan 40–45%) takarása a hőstressz és a csapó esők ellen is megfelelő védelmet nyújt. Eredményeink közül ezért a 2005. évi csapadékos idényben felvetteket mutatjuk be. A morzsa (0,25–10 mm) és a rögfrakció (> 10 mm) tendenciája az 5. és a 6. ábrán tanulmányozható.

A morzsa aránya adott idényben valamennyi művelési kezelésben növekedett, a hántatlan tarló talajában (HN) csökkent. Az aratáskor még meglévő, ún. *beárnyékolási morzsákat* az esők eliszapolták, ugyanakkor a takarás csökkenése is hátrányossá vált. Kisebbségi növekmény mutatkozik a kímélő eszközök (SP, K) használatakor, azonban ezek a művelések nem rottották a morzsáságot, hanem megkímélték. A kedvező biológiai folyamatok hatására további morzsák keletkeztek (5. ábra). A HTGY és HTPH eljárások

hatása közepes, mivel a morzsásodás közel egy hónap elteltével indult meg. Ez a jelenség a hagyományos tárcsát használók figyelmét az elmunkálás előnyeire irányíthatja. A hagyományos, elmunkáló nélkül használt tárcsa (HT) után a kezdetkor 50–50% volt a morzsa:rög arány. A rögök a csapadék és a felszáradás váltakozása révén megomlottak, így a morzsafrakció 53 nap elteltével 67%-ra növekedett, a rögfrakcióé 20%-ra csökkent. Száraz nyári időszakban (pl. 2007. július) ennek az ellenkezője következik be, a hántott réteg teljesen kiszárad, emiatt a rögök szinte elmunkálhatatlanná válnak. A morzsvédelem és a morzsásodás folyamatának fenntartása tehát csak a talajt kíméletesen bolygató eszközök használata nyomán várható.

A rögösség (6. ábra), vagyis a 10 mm-nél nagyobb frakciók aránya 53 nap elteltével minden művelési kezelésben csökkent. Nagyobb arányban csökkent a hagyományosan tárcsázott talajon (mind elmunkálóval – HTGY, HTPH –, mind anélkül – HT). A jelenség a hántást követő csapadéknak, a teljes beázás és száradás váltakozásainak tudható be. A szalma mellett az árvakelés egyre nagyobb borítása is kedvez a morzsásodásnak, vagy a rögösség csökkenésének. A hántatlan talaj (HN) különleges esetnek minősült, mivel a felszín 15%-át az aratáskor ún. *beárnyékolási morzsák* takarták, amelyeket azonban az első csapó eső eliszapolt. Ez lehet a magyarázata annak, hogy a hántatlan talajban növekedett a durva frakciók aránya. A jelenség a morzsásodás csökkenésének ismeretében arra utal, hogy a talaj bolygatatlansága, megfelelő takarás hiányában nem tölti be a vélt védő szerepet. Mindez újfólag a szakszerű nyári művelés fontosságát támasztja alá.

A morzsásodás a szántott és lazított talajokban a sekélyművelésektől többnyire eltérően alakul (7. ábra). A talajban, a 2006. évi aratást követő napon, átlagosan 81% volt a morzsaarány. A mélyebb, durvább bolygatás (SZF, VSZ) erőteljesen, míg a mélyebb és kíméletesebb (SZSP, LE, L, VSZE), amely esetünkben a felszínegyengetést is magában

foglalja, kevésbé vetette vissza a morzsásodást. Ez a jelenség, úgy tűnik, nem a csapadékkal van kapcsolatban, hanem a felszín nyitottságával. Pl. 2006-ban a rendszeresen érkező csapadék hatására 30 nap elteltével javult csak a morzsaarány, de hasonló tapasztaltunk a 2007. száraz idényben is. Az idény végére a morzsaarány öt kezelésben 75% körüli értékre módosult, amely gyengébb, mint aratáskor. Ennek a minőségi visszaesésnek a klímavédelem érdekében is gyakorlati jelentőséget kellene tulajdonítanunk.

Ugyancsak figyelmet érdemel a mélyen szántott és nagy rögökben maradt talaj (VSZ) gyenge morzsásodása, amely a vízvesztéssel és a védetlen felszínnel van összefüggésben. Megállapítható, hogy a művelhetőség javulásában fontos morzsaarány növekedése abban az esetben várható, ha a művelt talaj képes a folyamatot gátló klímaelemek hatásának gyengítésére. Ennek a feltételnek a sekélyen bolygatott, 30–40%-ban takart talaj jól, a mélyebben művelt és alig vagy nem takart talaj gyengébben felel meg.

A talaj szén-dioxid-kibocsátását, a várható szénvesztesség alakulását a klímaváltozás okán soroljuk a művelésminősítési tényezők közé. A szakirodalomban a szántásos műveléseket szénvesztőnek, a direktvetést és egyes csökkentett műveléseket szénkímélőnek értékelik (Bauer *et al.*, 2006; La Scala *et al.*, 2006; Omonode *et al.*, 2007; Reicosky *et al.*, 2005). A hazai gyakorlatban elterjedten alkalmazzák a szántást, a direktvetésnek szinte nincs hagyománya. Nagyobb érdeklődésre tarthatnak számot az olyan művelési változatok (1. táblázat) hatásai a szén-dioxid flux-ra, amelyek ismertek, illetve perspektivikusak is (Tóth T. *et al.*, 2005; Tóth E. *et al.*, 2005; Tóth – Koós, 2006; Zsembeli – Kovács, 2007). A 8. ábra a művelés napján mért szénvesztesség tendenciáját mutatja a hántatlan tarlóállapottól (HN) a kímélő változatokon (SP, K, HTGY) át a szénvesztő állapotig (HTPH, HT), három talajnedveségnél. Mindhárom esetben ún. *nyári* napon történt a mérés. Megállapítható, hogy a

száraz és a nyirkos talaj nagyobb, a nedves talaj, vélhetően az eszközök tömörítő hatása folytán, kisebb szénvesztéssel jellemezhető. A 8. ábrán az adott művelések sorrendje is nyomon követhető. A mélyebb, nyitott felszínű művelések hatására az előbbieknél nagyobb szénvesztesség lép fel.

Egyértelmű a száraz, bolygatott talaj nagyobb szénvesztése (VSZ, VSZE, SZF), ugyanakkor kitűnik, hogy a sávos bolygatás (L), illetve a lezárt felszín (LE, SZSP) esetén várható veszteség legfeljebb 20–50 kg napon-ta és 1 hektárra vetítve. A 8–9. ábrán közötti tendencia friss művelést követően 1–3 napig jellemző, ezt követően 70–75% csökkenés áll be. Némileg növeli a szénvesztést – különösen a nyitott felszínű, mélyen bolygatott talajokon – a talajba juttatott tarlómaradványok feltáródásának megindulása (a kezdettől számított 14–20. naptól). Ugyanakkor a felület zöld növényekkel való borítása (árvakelés, gyom) a kezdeti flux értékeket 75–80%-kal mérsékli. További szénvesztesség-csökkenés várható, bármely művelésnél, a zöld növények leperzselését követően. Az elhalt növények maradványai ugyanis jó felszínvédő anyagok. Összességében megállapítható, hogy a szénvesztesség vagy szénkímélés újabb lehetőséget ad a különböző művelések egzakt minősítéséhez. A minősítés összhangban van a talaj- és klímavédelem szerint felállított elvárásokkal.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Talajminőség- és klímavédelmi kutatásainkat támogató projektek: OTKA-49.049, KLIMA-05, NKFP-6/00079/2005; vállalatok: GAK Kht. Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaság; Mezőhegyesi Ménesbirtok Zrt; Bel-várgyulai Mezőgazdasági Zrt; Agroszen Kft, Szentgál, Väderstad Kft; Kvernelandgroup Kft. Szerzők köszönettel tartoznak Dr. Farkas Csilla PhD tudományos főmunkatársnak a szénvesztesség-számításhoz nyújtott segítségért.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

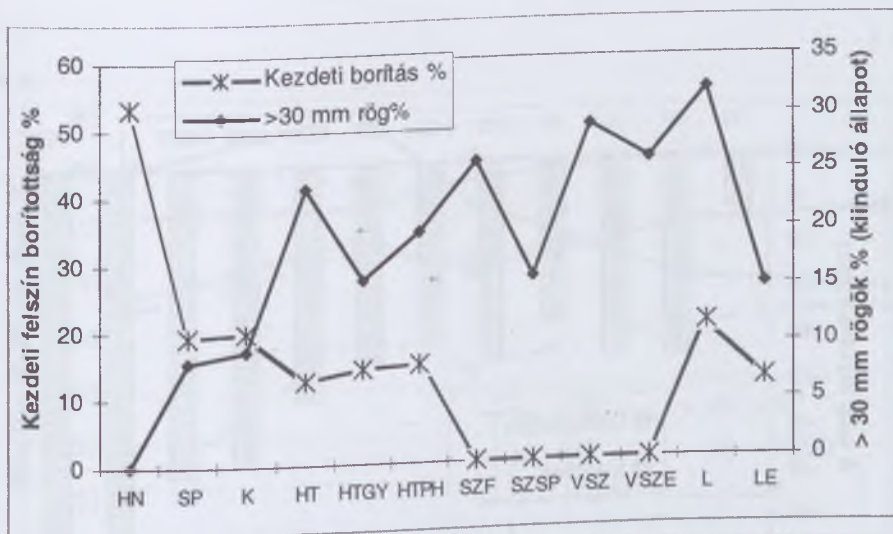
- (1) BAUER, P. J. – FREDERICK, J. R. – NOVAK, J. M. – HUNT, P. G. (2006): Soil CO₂ flux from a norfolk loamy sand after 25 years of conventional and conservation tillage. *Soil & Till. Res.* 90, 205–211. pp. (2) BIRKÁS M. (2006): Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Akaprint K., Budapest
- (3) BIRKÁS M. (2007): cit Dvoracsek 1957, illetve kiegészítés az agronómiai szerkezet száraz szítalásos vizsgálatához. Kézirat, Gödöllő, 2 p. (4) BIRKÁS M. – DEXTER, A. R. – KALMÁR T. – BOTTLIK L. (2006): Soil quality – soil condition – production stability. *Cereal Research Comm.* 34, 1: 135–138. pp. (5) BIRKÁS M. – JOLÁNKAI M. – KISIC, I. – STIPESEVIC B. (2007): Soil tillage needs a radical change for sustainability. 2nd International Symposium on Environment Management, Sept. 12–14, 2007, Zagreb, Croatia, Proc. (Ed. Koprivanac, N., Kusic, H.) (6) DARÓCZI S. (2005a): FIELD SCOUT TDR 300 Talajnedvesség mérő, Szarvas, kézirat, 8 p. (7) DARÓCZI S. (2005b): Talajtömörésgmérő műszer. Szarvas, kézirat, 4 p. (8) HARNOS Zs. (2007): Klímaváltozással összefüggő hazai kutatások: A VAHAVA folytatása. „KLÍMA-21” Füzetek, 49. 3–15. pp. (9) JUG, D. – STIPESEVIC, B. – JUG, I. – SAMOTA, D. – VUKADINOVIC, V. (2007): Influence of different soil tillage systems on yield of maize. *Cereal Research Comm.* 35, 2: 557–560. pp. (10) KISIC, I. – BASIC, F. – MESIC, M. – SABOLIC, M. (2006): Influence of tillage systems on soybean yield characteristics. *Cereal Res. Comm.* 34, 1: 223–226. pp. (11) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadóház, Budapest (12) TÓTH E. – KOÓS S. – FARKAS Cs. – NÉMETH T. (2005): Carbon-dioxide emission from Calcareous Chernozem soil. *Cereal Research Communications*, 33, 1: 129–132. pp. (13) TÓTH E. – KOÓS S. (2006): Carbon-dioxide emission measurements in a tillage experiment on chernozem soil. *Cereal Res. Commun.* 34, 1: 331–334. (14) LA SCALA N. JR. – BOLONHEZI, D. – PEREIRA, G.T. (2006): Short-term soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. *Soil & Till. Res.* 91, 241–248. pp. (15) OMONODE, R. A. – VYN, T. J. – SMITH, D. R. ET AL. (2007): Soil carbon dioxide and methane fluxes from long-term tillage systems in continuous corn and corn-soybean rotations. *Soil & Till. Res.* 95, 182–195. pp. (16) REICOSKY, D. C. – LINDSTROM, M. J. – SCHUMACHER, T. E. – LOBB, D. E. – MALO, D. D. (2005): Tillage-induced CO₂ loss across an eroded landscape. *Soil & Till. Res.* 81, 183–194. pp. (17) TÓTH, T. – FÓRZS, I. – KUTI, L. – WARDELL, J. L. (2005): Data on the elements of carbon cycle in a Solonetz and Solonchak soil. *Cereal Research Communications*. 33, 1: 133–136. pp. (18) VÁRALLYAY Gy. (2007): Soil conservation strategy in an extended Europe and in Hungary. 2nd International Symposium on Environment Management, Sept. 12–14, 2007, Zagreb, Croatia, Proc. (Ed. Koprivanac, N., Kusic, H.), 133–146. pp. (19) ZSEMBELI J. – KOVÁCS Gy. (2007). Dynamics of CO₂-emission of the soil in conventional and reduced tillage systems. *Cereal Res. Commun.* 35, 2: 1337–1340. pp.

1. táblázat

A tarló-klíma kísérlet művelési kezelései (Hatvan, 2005–2007)

Művelési kezelések	Mélység (cm)	Jelölés	Évek		A talajfelszín jellemzése
			2005	2006, 2007	
1. Hántatlan tarló (kontroll)	0	HN	x	x	bolygatatlan, változóan takart
Tarlóművelés és eszköze					
2. hagyományos tárcsa	9–12	HT	x	x	nyitott
3. h. tárcsa és gyűrűshenger	9–12	HTGY	x	x	lezárt, takart
4. h. tárcsa és pálcás henger	9–14	HTPH	x		lezárt, takart
5. síktárcsás porhanyító	6–9	SP	x	x	lezárt, takart
6. kultivátor	6–9	K	x	x	lezárt, takart
7. ágyeke és forgóelem	20–22	SZF		x	egyenletes, takaratlan
8. eke és síktárcsa	20–22	SZSP		x	egyenletes, takaratlan
9. váltvaforgató eke	32–35	VSZ		x	nyitott
10. váltvaforgató eke és tömörítő henger	32–35	VSZE		x	egyenletes, takaratlan
11. talajlazító	35–40	L		x	sávosan nyitott
12. talajlazító és síktárcsa	35–40	LE		x	egyenletes, takaratlan

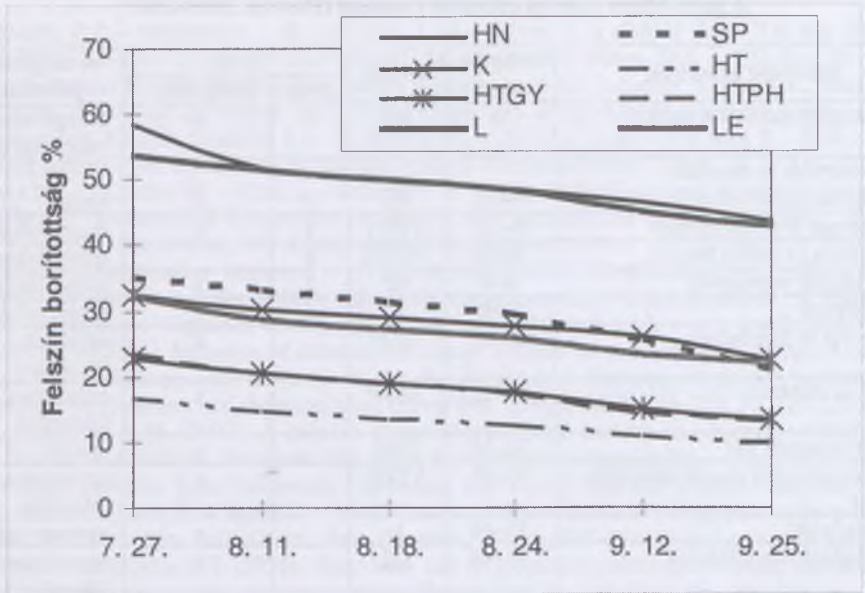
1. ábra



A kezdeti borítás és a felszíni rögösség közti összefüggés (Hatvan, 2007)

HN: hántatlan. Tarlóművelés eszköze: SP: síktárcsa, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa gyűrűshengerrel, HTPH: hagyományos tárcsa pálcás hengerrel, SZF: ágyeke + egyengető, SZSP: eke + síktárcsa, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke + elmunkáló, L: lazító, LE: lazító + síktárcsa

2. ábra



A felszínakartság változása 60 nap alatt a mulchagyó műveléseknél (Hatvan, 2006)

Jelölések: Lásd az 1. ábránál

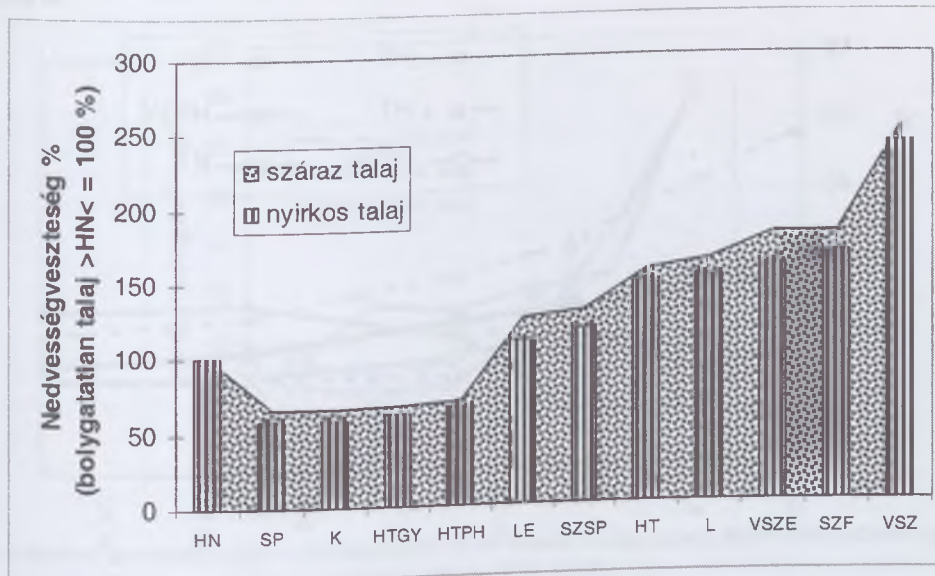
3. ábra



A lazult talajréteg mélysége a beállítás napján, illetve a kísérlet befejezésekor

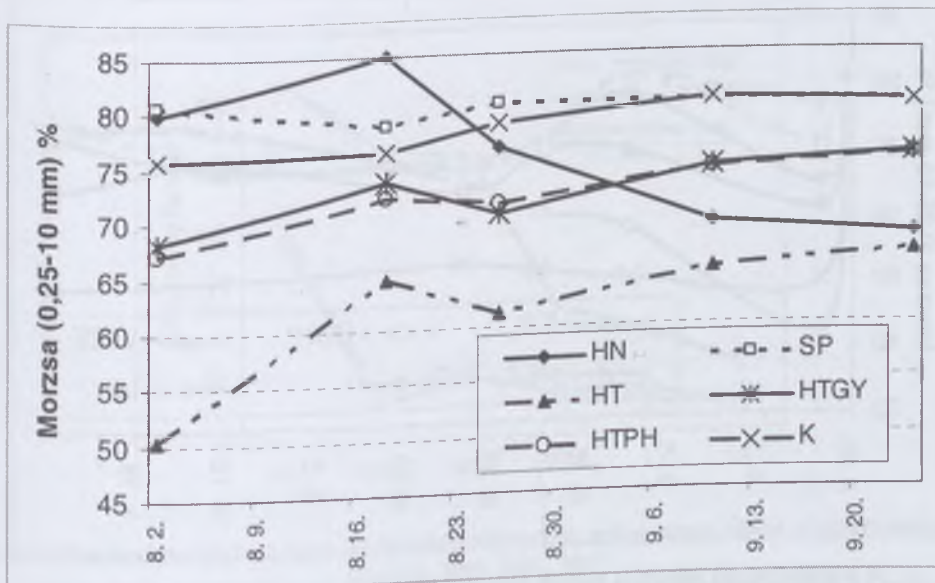
(Hatvan, 2005–2006) Jelölések: Lásd az 1. ábránál

4. ábra



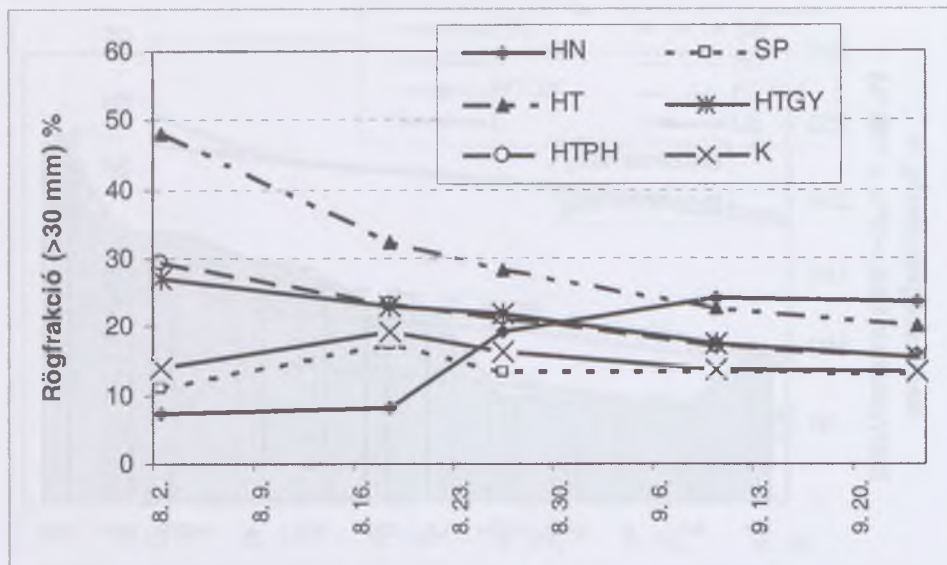
A nedvességvesztésesség aránya eltérően művelt talajokban (Hatvan, 2005–2006)
Jelölések: Lásd 1. ábránál

5. ábra



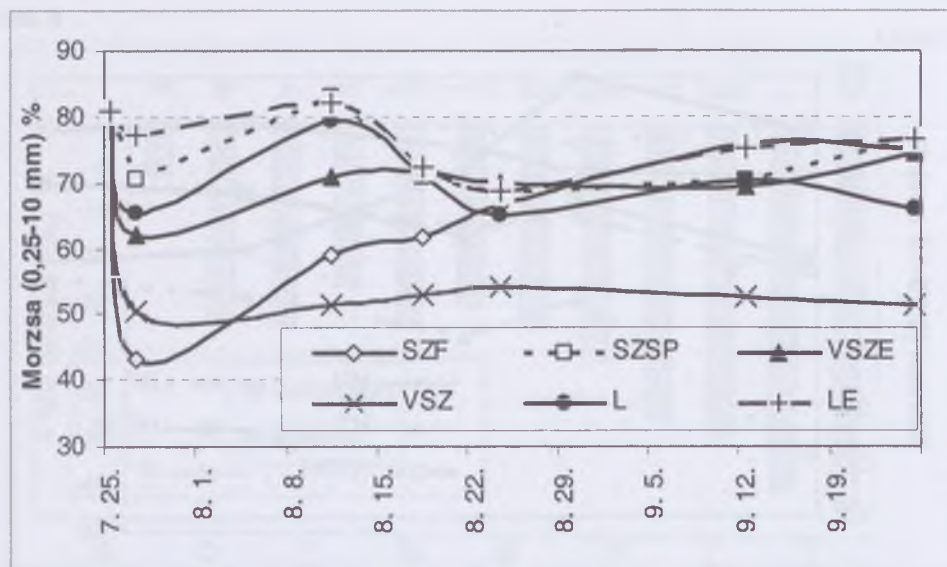
A morzsásodás változása sekélyen művelt talajokban (Hatvan, 2005 aug.–szept.)

6. ábra



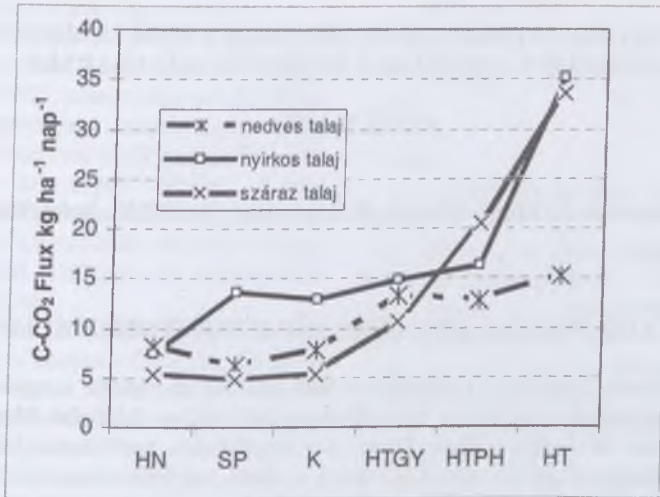
A rögösség változása sekélyen művelt talajokban (Hatvan, 2005 aug.–szept.)

7. ábra



A morzsafrakció változása mélyen művelt talajokban (Hatvan, 2006. júl.–szept.)

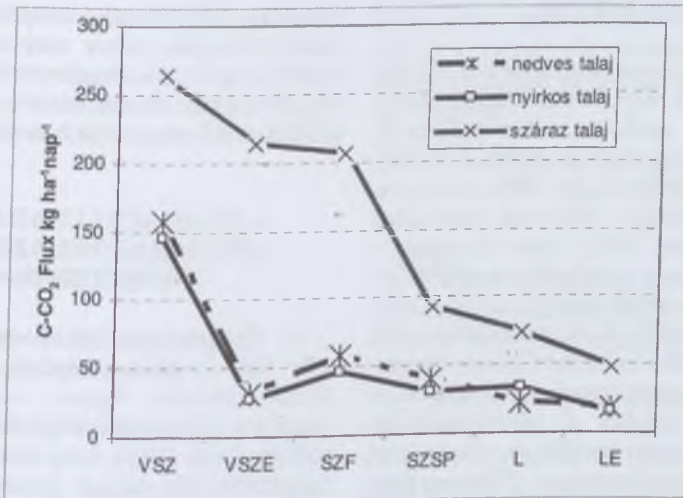
8. ábra



A szén-flux tendenciája friss nyári sekélyművelések esetén, meleg napon, eltérő talajnedvességnél (Hatvan, 2005, 2006, 2007)

HN: hántatlan, SP: síktárcsa, K: kultivátor, HTGY: hagyományos tárcsa + gyűrűshenger, HTPH: hagyományos tárcsa + pálcás henger, HT: hagyományos tárcsa alkalmazása

9. ábra



A szén-flux tendenciája friss nyári sekélyművelések esetén, meleg napon, eltérő talajnedvességnél (Hatvan, 2005, 2006, 2007)

VSZ: elmunkálatlan szántás, VSZE, SZF: elmunkált szántás, SZSP: lezárt szántás, L: lazított talaj, LE: lazított, elmunkált talaj

A KUKORICATERMELÉS KLIMATIKUS FELTÉTELEINEK VÁRHATÓ VÁLTOZÁSA A B2 SZCENÁRIÓ ALAPJÁN

GAÁL MÁRTA

Kulcsszavak: klímaváltozás, B2 scenárió, HadCM3, kukorica

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A Hadley Centre HadCM3 modelljével futtatott B2 scenárió alapján vizsgáltam, hogy hogyan változnak a kukorica termelésének klimatikus feltételei Magyarországon a 2011–20, illetve 2031–40-es időszakban. A vizsgálatokat korlátozta, hogy csak havi adatok – átlaghőmérséklet és csapadékösszeg – álltak rendelkezésre, ezért számos fontos kockázati tényező elemzésére nem nyílt lehetőség.

A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus meghosszabbodása és a hőszegek növekedése alapján a közeljövőben 2–3 FAO csoporttal hosszabb tenyészidejű fajták termelése lehetséges, a csapadék mennyisége viszont egyértelműen a termelés korlátozó tényezője. A 2011–20-as időszakban a Dunántúlon, a 2031–40-es időszakban az ország keleti felében jelez nagyobb változásokat a scenárió.

BEVEZETÉS

A VAHAVA projekthez kapcsolódva több tanulmány jelent meg a klímaváltozás várható, szántóföldi növénytermelési hatásairól, amelyek többnyire helyi kísérleteken (*Birkás et al., 2006; Sárvári et al., 2006*), meteorológiai és fenológiai adatsorok statisztikai elemzésén (*Szász, 2005; Varga-Haszonits – Varga, 2006*) vagy növekedési modellek alkalmazásán alapultak (*Kovács et al., 2006; Erdélyi et al., 2007*). A jelen tanulmány célja az angol *Tyndall Centre for Climate Change Research* 10 perces térbeli felbontású scenárió adatai alapján a kukoricatermelés klimatikus feltételei tér-időbeli változásának vizsgálata Magyarországon. Természetesen a növénytermelés eredményességét számos más tényező – talajadottságok, domborzat, fajta és igen nagymértékben az agrotechnika – is befolyásolja, ezek hatását, illetve esetleges változását azonban a tanulmány nem

vizsgálja. A kiválasztott klimatikus paraméterek értékeinek, illetve azok változásának területi eloszlását a térinformatika eszközeivel ábrázoltam és elemeztem, amihez az ESRI ArcGIS programját használtam.

A FELHASZNÁLT ADATOK ÉS TÉRINFORMATIKAI MÓDSZEREK

Az *Éghajlat-változási Kormányközi Testület* (IPCC) által elfogadott, úgynevezett SRES (Special Report on Emissions Scenarios) kibocsátási forgatókönyvek közül (*IPCC, 2000, 2001*) jelen tanulmány a B2 forgatókönyvön alapul. Ennek jellemzője, hogy a gazdasági, társadalmi és környezeti fenntarthatóság regionális (lokális) megoldásaira helyezi a hangsúlyt. Hosszabb távon ez a forgatókönyv optimistának nevezhető, azonban az általam vizsgált 2011–20, illetve

2031–40-es időszakban a nagyobb felmelegedést jelző scenáriók közé tartozik.

A scenárióadatok a *Tyndall Centre TYN SC 1.0* adatbázisából származnak (*Mitchell et al., 2004, 2005*), amely négy modell futtatásának eredményeit tartalmazza, négy SRES forgatókönyvre (A1FI, A2, B2, B1). Ezek közül az angol *Hadley Centre HadCM3* modelljét választottam. Az adatbázisban Európa szárazföldi területére vonatkozó havi adatok találhatóak, 10 perces térbeli felbontású rácson.

A bázisidőszak (1961–90) szintén 10° felbontású, 30 éves átlagai a CRU CL 2.0 adatbázisból (*New et al., 2002*) érhetők el, és ingyenesen letölthetők, a scenáriók letöltéséhez jogosultságot kell kérni.

A scenárió adatsorai nagyon nagyok, ezért az adatokat ASCII fájlok sorozataként szolgáltatják, ezek elsődleges feldolgozását kollégáim végezték (*Szenteleki, 2007*).

Az adatok megjelenítéséhez és a további elemzésekhez a vizsgált paraméterek rácspontokon található értékeiből ESRI grid raszteres állományokat készítettem, a rasztereket a természetesebb megjelenítéshez bilineáris interpolációval (újra mintavételezéssel) simítottam. Az így kapott állományokból több esetben raszter műveletekkel (grid algebra) további számításokat végeztem, pl. fedvények közötti különbségek számítását.

A VIZSGÁLT KLIMATIKUS PARAMÉTEREK

A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus

A növények fejlődését biztosító, hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódust (HLVP) az adott faj fejlődési küszöbhőmérséklete (bázishőmérséklete) tavaszi és őszi átlépésének időpontjaiból számíthatjuk. A rendelkezésre álló havi adatokból ezek lineáris interpolációval számíthatók (*Szász – Tőkei, 1997*):

$$D_{Tavaszi} = D_a + \frac{t_0 + t_a}{t_m - t_a} * n$$

$$D_{Őszi} = D_M + \frac{t_M - t_0}{t_M - t_A} * N$$

és

ahol:

t_0 : a bázishőmérséklet (kukorica esetén 10 °C)

t_a , illetve t_A : az alacsonyabb hőmérsékletű hónap átlaghőmérséklete

t_m , illetve t_M : a magasabb hőmérsékletű hónap átlaghőmérséklete

D_a : az alacsonyabb hőmérsékletű hónap 15-ig eltelt napok száma

D_M : a magasabb hőmérsékletű hónap 15-ig eltelt napok száma

n , illetve N : a két hónap 15-e közti napok száma

$$HLVP = D_{Őszi} - D_{Tavaszi}$$

Az április–szeptember effektív hőösszege

Az effektív (hasznos) hőösszeg számítására több módszert is alkalmaznak. Mivel a felhasznált adatsorokban nincsenek napi adatok, csak havi átlaghőmérsékletek állnak rendelkezésemre, az alábbi számítási módot alkalmaztam:

$$HU = \sum_{i=IV}^{IX} (t_i - 10) * n_i$$

ahol:

i : a vegetációs időszak (IV–IX) hónapjai

t_i : a havi átlaghőmérséklet

10: a kukorica fejlődési küszöbértéke (°C)

n_i : az adott hónap napjainak száma

Ez a leegyszerűsített számítási mód *Ángyán (1987)* megállapítása szerint 5%-os hibavalószínűséggel megegyezik az eredeti, napi átlagokból történő számítás eredményével. Kecskemét és Debrecen adataival végzett saját számítások alapján a napi adatokból számolt hőösszeg mindig kicsit több

lett, mint a havi adatokból kapott. Az 1961–90-es időszakban 10% körüli eltérés csak 1961–64-ben tapasztalható, a többi évben ennél jóval kisebb, a napi adatokból számolthoz képest 2,5–3,5% körüliek az eltérések, a 30 éves átlagot tekintve pedig Kecs-kemétnél 3,42%, míg Debrecenben 3,65% lett az eltérés.

Csapadékgigénnyel kapcsolatos paraméterek

A csapadékgigénnyel kapcsolatosan vizsgáltam a nyári félév (április–szeptember) és a téli félév (október–március) csapadékát, ami egy általánosabb információt nyújt a csapadék mennyiségének esetleges változásáról. Ezen kívül két kritikus időszakot választottam ki

- májusi csapadék, ami a növények kezdeti növekedéséhez fontos, a jelenleg elterjedt április végén – május elején történő vetést feltételezve;
- július–augusztus csapadéka, ami szinte egész Európában a virágzás, illetve terméskötődés időszaka, ezért jelentős mértékben meghatározza a termés nagyságát.

Ariditási index

Az *Ángyán-féle* ariditási index (AI) az április–szeptemberi vegetációs időszak effektív hőösszege, valamint az évi összes csapadék hányadosaként számolható. Az index használatát abban az esetben javasolja, ha az effektív hőösszeg 1250–1750 °C érték-tartományon belüli, a csapadék pedig 500–720 mm közötti.

A csapadékmennyiség számításához eredetileg az előző év októberétől az adott év szeptemberéig tartó időszakot kell hidrológiai évnak tekinteni. Mivel a bázisidőszakra vonatkozó CRU adatbázisban nem állnak rendelkezésre évenkénti adatok, és a scenáriókat is tízéves átlagokkal vizsgáljuk,

ettől eltekintettem és a naptári év csapadékmennyiségét használtam. Ellenőrző számítások alapján az 1961–90-es bázisidőszakban tízéves átlagokat figyelembe véve nincs számottevő különbség a kétféle számítási mód között. A későbbiekben azonban, ha a csapadék eloszlása jelentősen megváltozik, ez nem biztos, hogy igaz marad.

Ángyán (1987) javaslatait mérlegelve, de a kategóriákat egyenletesebbé téve, az AI értékeléséhez a következő csoportokat határozta meg:

- Igen gyenge adottságú terület:
1,01–1,60 °C/mm
- Közepes adottságú terület:
1,61–1,90 °C/mm
- Jó adottságú terület:
1,91–2,20 °C/mm
- Nagyon jó adottságú terület:
2,21–2,50 °C/mm
- Nagyon jó, de érdemes öntözni:
2,51–2,80 °C/mm
- Jó, de érdemes öntözni:
2,81–3,10 °C/mm
- Csak öntözéssel termeszthető:
3,11 ≤ °C/mm

EREDMÉNYEK

A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus változása

A 10 °C átlépésének határidejében várható változások érdekessége (1. táblázat), hogy nem egyforma mértékűek tavasszal és ősszel. A 2011–20-as időszakban tavasszal, míg 2031–40 esetén ősszel nagyobb a vegetációs időszak kitolódása.

A tavaszi és őszi 10 °C átlépésének különbségéből számolt, hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hosszában tapasztalható változásokat az 1. ábra mutatja.

A változás mértéke a 2011–20-as időszakban 10–16 nap, ezzel szemben a 2031–40-es időszakban már 18–24 nap is lehet. A kukoricafajták jellemzésére használt FAO

csoportok és a tenyészidőszak hossza közötti kapcsolat nem teljesen egyértelmű – az évenkénti ingadozás *Menyhért* (1979) alapján 10–15 nap is lehet, illetve a csoportok átfedik egymást, de a scenárió eredményei szerint 2–3 csoporttal hosszabb tenyészidejű fajták termelésére lenne lehetőség.

Érdekes a változás területi eloszlása is, míg az első időszakban egy kelet-nyugati megosztottság látható, addig a 2031–40-es időszakban egy V alak rajzolódik ki, ami szerint az ország szélein nagyobb változás várható a vegetációs periódus meghosszabbodásában.

Április–szeptember effektív hőösszege

A szakkönyvekben többféle beosztás található az effektív hőösszegekkel kapcsolatban. Munkámhoz *Menyhért* (1979) kategóriáit vettem alapul, amit kiegészítettem a scenáriók értékeinek megfelelően (2. ábra). A bázisidőszak térképe jól jellemzi az egyes FAO csoportoknak megfelelő területeket a következő besorolás szerint: nem alkalmas (<1100 °C), csak FAO 100 (1101–1200), FAO 200 (1201–1280), FAO 300 (1280–1375), FAO 400 (1376–1465) és FAO 500 (1466–1565) fajták termesztésére alkalmas területek.

A hőösszegek változása igen jelentős, már a 2011–20-as időszakban is szinte az egész országban lehetővé válna a FAO 500-as fajták termelése, sőt ennél hosszabb tenyészidejű fajtáké is. A 2031–40-es időszakban pedig az effektív hőösszeg értéke az ország jelentős részén meghaladhatja az 1800 °C-ot, sőt a déli részen még az 1950 °C-ot is. Jelenleg FAO 600–700-as fajtákat Dél-Európában, elsősorban Spanyolország, Portugália és Jugoszlávia területén termelnek. A hőösszegek változása alapján erre nálunk is lenne lehetőség.

A hőösszegek jelentős növekedése mellett kedvező, hogy a júliusi átlaghőmérséklet még a 2031–40-es időszakban sem éri el a

korlátozónak tartott 26 °C-ot, hanem az ország szinte egész területén 23–25 °C között alakul.

A hosszabb tenyészidejű fajták nagyobb potenciális termőképességgel rendelkeznek, de ez csak megfelelő csapadékmennyiség esetén érvényesül.

A téli és nyári félév csapadéka

A téli félév csapadékának változása (3. ábra) a 2011–20-as időszakban kelet-nyugat irányú mintázatot mutat. Az ország keleti szélén 30–40 mm, az Alföldön 20–30 mm növekedés, a nyugati oldalon kis mértékű (0–15 mm) csökkenés várható. A 2031–40-es időszakban az ország egész területére csapadéknövekedést jelez a scenárió. Itt a Dunántúli-középhegység vonalában, illetve attól Pécs irányába húzódva figyelhető meg egy jellegzetes sáv, ahol nagyobb növekedés várható (60–70 mm). Ez a növekedés a jelenlegihez képest mintegy 20–25% lenne, de egy dél-nyugati keskeny sáv kivételével így sem haladja meg a jelenleg kedvezőnek tartott (*Ángyán*, 1987) 230–310 mm-t.

A nyári félév csapadékában (4. ábra) szinte mindenhol csökkenés látható, a 2011–20-as időszakban kisebb (10–30 mm), a 2031–40-es időszakban jóval nagyobb mértékben. Ez utóbbinál kivétel egy terület, Budapest és a tőle északra lévő hegyek környékén, míg délen a csökkenés a 40–50 mm közötti, ami már közel egy havi csapadéknak felel meg.

A téli csapadék növekedése és a nyári csapadék csökkenése a mediterrán jelleg erősödését jelzi. A növénytermelésben azonban nemcsak a hosszabb időszakok csapadékmennyisége, hanem annak eloszlása is nagyon fontos. A havi csapadékösszegekből erre vonatkozóan nem lehet következtetni, de más modellek alapján a Kárpát-medencében az extrém értékek növekedésére kell számítani (*Bartholy – Pongrácz*, 2006; *Bartholy et al.*, 2007).

Májusi csapadék

A májusi csapadék a növények kezdeti fejlődéséhez fontos. A bázisidőszak májusi csapadéka az ország kukoricatermelés szempontjából jelentős területein 50–60 mm közötti, ami a termeléshez kedvező.

A 2011–20-as időszakra a B2 scenárió enyhe, 2–8 mm nagyságú csapadékcsökkenést jelez. Ez önmagában gyakorlatilag elhanyagolható változás, de figyelembe kell venni, hogy a májusi átlaghőmérsékletben 0,4–1,4 °C növekedés is várható. Ezért a potenciális evapotranszpiráció növekedése miatt a májusi csapadékban relatív hiány jelentkezik.

A 2031–40-es időszakra csapadéknövekedést jelez a scenárió. A térképen (5. ábra) jól látható, hogy a Dunántúli-középhegység vonalától északnyugatra ez a növekedés 15–25 mm, ezzel a májusi csapadék az ország nyugati részén eléri, sőt meghaladja a jelenleg optimálisnak tartott (Ángyán, 1987) tartomány 70 mm-es felső határértékét. Figyelembe véve a hőmérséklet növekedését, ami 1,3–2,0 °C közötti, erre a csapadéknövekedésre mindenképpen szükség is van. Ugyanakkor az átlótól délkeletre csak 0–15 mm csapadéknövekedés várható. Kedvezőtlen helyzetbe kerül az ország északkeleti térsége (beleértve Nyíregyháza és Debrecen környékét), mert itt a májusi hőmérséklet növekedése a 2–2,4 °C-ot is meghaladja, ugyanakkor a csapadék alig nő.

Július–augusztus csapadéka

Július–augusztus a jelenlegi fajták és technológia mellett a virágzás, illetve terméskötődés időszaka, ezért ennek a csapadéka jelentős mértékben meghatározza a termés nagyságát. A bázisidőszak csapadéka az ország nagy részén mindkét hónapban 50–60 mm közötti. Ez megfelel az Ángyán (1987) szerint optimálisnak tartott értéknek, az alsó határán van a Szász (1988) szerint a két hónapban összesen szükséges 120–200

mm-nek, és messze elmarad attól a véle-ménytől, hogy ebben a két hónapban 100–100 mm csapadékra lenne szüksége a kukoricának (Antal, 2005; Bocz, 1996).

A scenárió alapján nem egyforma változás várható a két hónapban. Júliusban, a 2011–20-as időszakban a bázisidőszakhoz nagyon hasonló képet mutat, míg a 2031–40-es időszakra csapadékcsökkenést. Ennek mértéke az ország középső részén 20 mm körüli, keleti és nyugati szélén pedig a 30 mm-t is meghaladja. Ezzel az ország jelentős területén 30–40 mm-re csökkenne a júliusi csapadék, ami a mostani hőmérsékleti viszonyok mellett is nagyon kevés, de a felmelegedéssel együtt még nagyobb vízhiányhoz vezet (6. ábra).

Augusztusban a 2011–20-as időszakra jelez enyhe csapadékcsökkenést a scenárió, ami az ország egészét tekintve 5–15 mm nagyságú, és az ország középső részén a legnagyobb. Ezzel szemben a 2031–40-es időszakban az ország nagy részén a bázisidőszakhoz hasonló, keleti felén kicsit kevesebb, nyugati részén viszont 15–20 mm-rel több csapadékot mutat. Ez is csak látszólagos növekedés, mert közben az augusztusi átlaghőmérséklet 3,5–4,8 °C-kal nő. A melegeedés az ország déli és keleti részében a legnagyobb, így itt is a keleti országrész kerül a legrosszabb helyzetbe

Az ariditási index

Az ariditási index az egész vegetációs időszakot (április–szeptember) tekintve ad átfogó képet a hőösszegek és a csapadék arányáról. A 7. ábra alapján a bázisidőszakban csak az ország legdélebbi területeit tekinthetjük úgy, hogy ott érdemes öntözni a kukoricát, de még ott is elképzelhető az öntözés nélküli termelés, az ország nagy részén pedig öntözés nélkül is jó termés várható. Önmagában az ariditási index (hőösszeg/csapadék arány) alapján kukorica termelésére alkalmatlan ($AI \leq 1$) területek Magyarországon nem találhatóak, de ha fi-

gyelembé vesszük a minimális hőösszeg-szükségletet, akkor a hegyvidéki területek már annak bizonyulnak. Az index szerinti igen gyenge területek is csak az ország nyugati és hegyvidéki területein jelennek meg, ahol a domborzati adottságok miatt amúgy sem termelnek kukoricát.

A klímaszcenárió alapján a hőmérséklet, illetve a hőösszegek egyértelmű növekedése mellett a csapadék az ország egyes területein csökken, máshol ugyan nő, de sokkal kisebb mértékben. Ebből adódóan a hőösszeg/csapadék arány egyre kedvezőtlenebb helyzetet teremt. Már a 2011–20-as időszakban is nagy területen jelennek meg az öntözés igényére utaló értékek (az ország 26%-án lenne csak öntözéssel alkalmas terület), a 2031–40-es időszakban ezek aránya tovább nő (42% csak öntözéssel). A második időszakban figyelembe kell venni, hogy a hőösszeg az ország nagy részén meghaladja az index kidolgozásánál használt 1750 °C-os maximális értéket, ami bizonytalanná teszi az index használatát, de az eredmények

mindenképpen az öntözés növekvő szükségességére hívják fel a figyelmet.

Az egyes kategóriáknak megfelelő területek arányát csak Magyarország területére vonatkozóan a 2. táblázat foglalja össze.

Az ariditási index értékeinek a bázisidőszakhoz viszonyított változását vizsgálva (8. ábra) a 2011–20-as időszakban a Dunántúlon, a 2031–40-es időszakban az ország keleti felében tapasztalható nagyobb változás. Ez utóbbi esetén a változás mértéke 0,81–1,0 °C/mm, ami közelít az *Ángyán* (1987) által – 1901–80 közötti időszak, 35–115 mérőhely adatai alapján – meghatározott 1,1 °C/mm évjáráthatáshoz, tehát a szcenárió alapján az eddigi extrém száraz időjárásnak megfelelő körülményekre kell felkészülni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az OTKA T042583 és az NKFP 6-00079/2005 projekt támogatásával készült.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

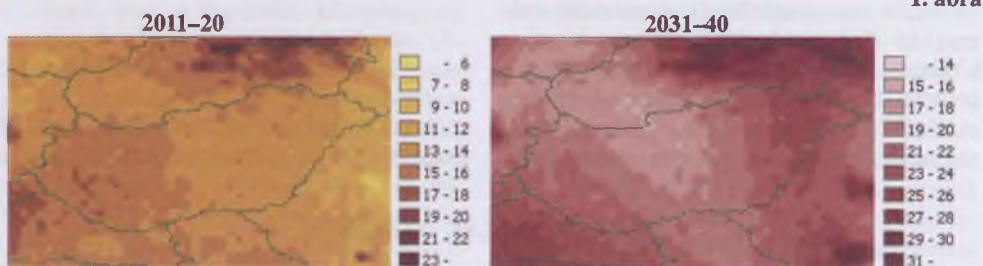
- (1) ANTAL J. (2005): Növénytermesztés I. A növénytermesztés alapjai – Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó, Budapest (2) ÁNGYÁN J. (1987): Agroökológiai hatások a kukoricatermesztésben. Az agroökológiai körzetek és a területi fejlesztés. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest (3) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2006): Szélsőséges éghajlati tendenciák alakulása a XX. században a Kárpát-medencében. In: Láng I. et al. (szerk): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. Akaprint Kft., Budapest (4) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – GELYÓ GY. (2007): Regional Climate change expected in Hungary for 2071–2100. Applied Ecology and Environmental Research 5(1): 1–17. pp. (5) BIRKÁS M. – JOLÁNKAI M. – SZENTPÉTERY ZS. (2006): A klímaváltozás hatása a növénytermesztésre – alkalmazkodási lehetőségek. In: Láng I. et al. (szerk): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. Akaprint Kft., Budapest (6) BOCZ E. (1996): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest (7) ERDÉLYI É. – FERENCZY A. – BOKSAI D. (2007): Climate change and cereal crops growing in Hungary. EFITA/WCCA 2–5 July 2007, Glasgow, Scotland, CD-ROM (8) IPCC (2000): Special Report on Emissions Scenarios. Cambridge University Press, Cambridge, UK. <http://www.ipcc.ch> (9) IPCC (2001): Climate change 2001: Synthesis Report. Cambridge University Press, Cambridge, UK. <http://www.ipcc.ch> (10) KOVÁCS G. – FODOR N. – MÁTHÉ-GÁSPÁR G. – POKOVI K. (2006): 4M – magyar programsomag a globális klímaváltozás produkciós és környezeti hatásainak értékelésére. In: Láng I. et al. (szerk): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. Akaprint Kft., Budapest (11) MENYHÉRT Z. (1979): Kukoricáról a termelőknek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (12) MITCHELL, T. D. – CARTER, T. R. – JONES, P. D. – HULME, M. – NEW, M. (2004): A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100). Tyndall Centre Working Paper 55, University of East Anglia, Norwich, UK. http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp55.pdf (13) MITCHELL, T. D. – JONES, P. D. (2005): An improved method of constructing a database of monthly climate observations and

associated high-resolution grids. *Int. Journal of Climatology* 25: 693–712. pp. (14) NEW, M. – LISTER, D. – HULME, M. – MAKIN, I. (2002): A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Climate Research* 21: 1–25. pp. (15) SÁRVÁRI M. – EL HALLOF N. – MOLNÁR ZS. (2006): A klimatikus tényezők változása és hatása a kukorica produkciójára. In: Láng I. et al. (szerk): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. Akaprint Kft., Budapest (16) SZÁSZ G. (1988): Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (17) SZÁSZ G. (2005): Az éghajlat változékonysága és a szántóföldi növények termésingadozása. „AGRO-21” Füzetek 38: 59–77. pp. (18) SZENTELEKI K. (2007): A KKT klímakutatás adatbáziskezelő rendszerei. „KLÍMA-21” Füzetek 51. (19) SZÁSZ G. – TÖKEI L. (1997): Meteorológia – mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest (20) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. (2006): Az éghajlatváltozás hatása a növényfejlődésre és a tenyészidőszak hosszára. In: Láng I. et al. (szerk): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. Akaprint Kft., Budapest

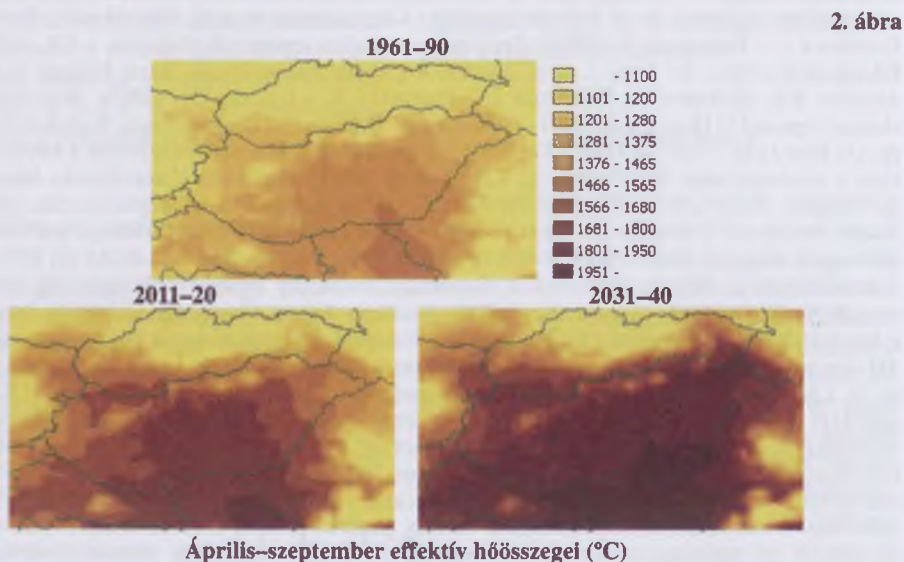
1. táblázat

A tavaszi és őszi 10 °C átlépésének idejében várható változások (nap)

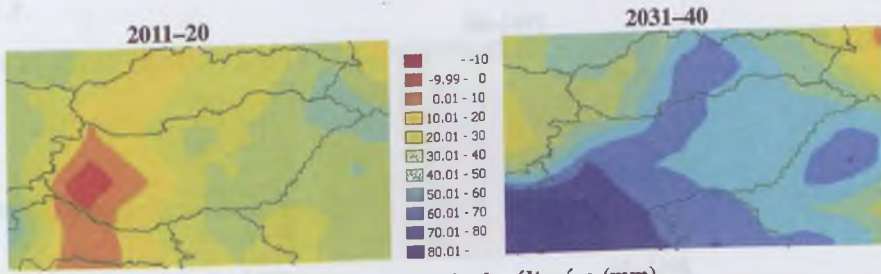
	2011–20	2031–40
Tavaszi határ	-9–12	-5–10
Oszi határ	+3–5	+11–16



A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hosszának változása (nap)

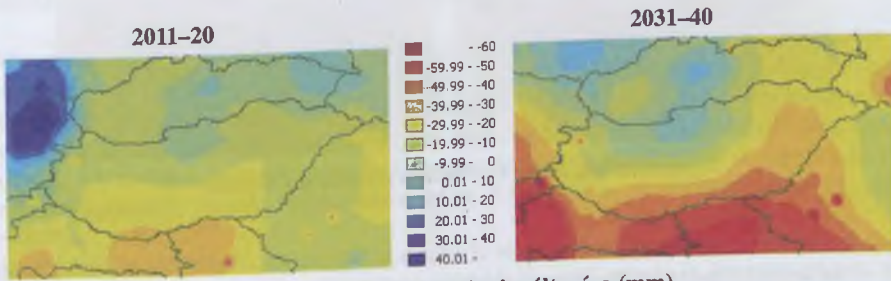


3. ábra



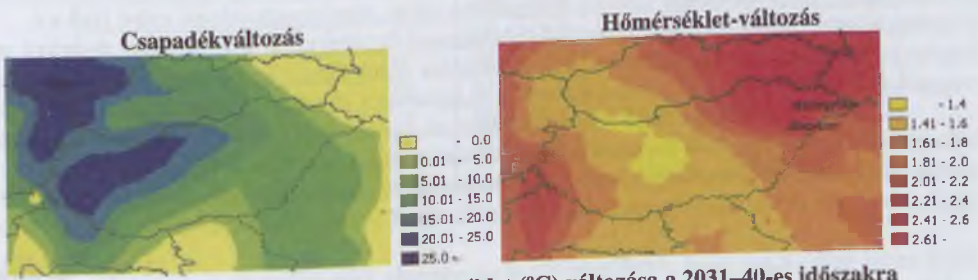
A téli félév csapadékának változása (mm)

4. ábra



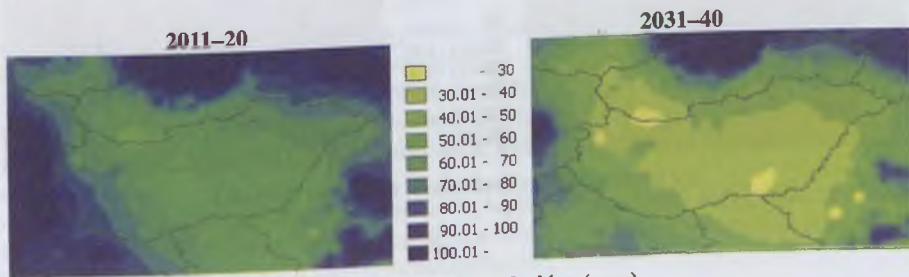
A nyári félév csapadékának változása (mm)

5. ábra



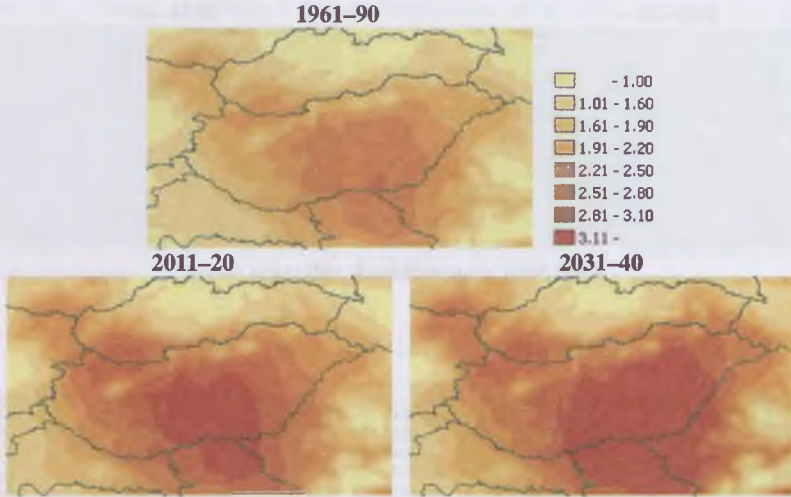
A májusi csapadék (mm) és a hőmérséklet (°C) változása a 2031–40-es időszakra

6. ábra



A júliusi csapadék alakulása (mm)

7. ábra



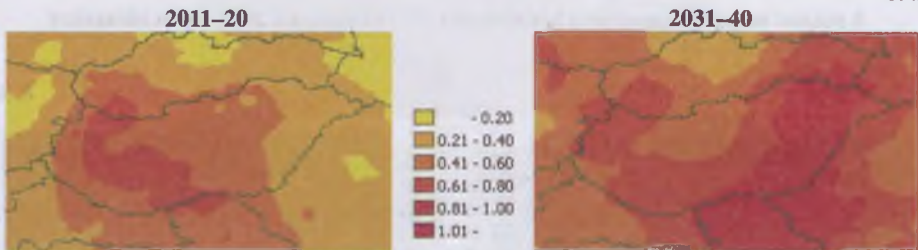
Az ariditási index értékeinek alakulása (°C/mm)

2. táblázat

Az ariditási index értékeinek megfelelő területek aránya Magyarországon (%)

		1961-90	2011-20	2031-40
Igen gyenge adottságú	1,01-1,60	4	0	0
Közepes adottságú	1,61-1,90	13	2	0
Jó adottságú	1,91-2,20	27	8	4
Nagyon jó	2,21-2,50	23	18	10
Nagyon jó, érdemes öntözni	2,51-2,80	31	22	22
Jó, de érdemes öntözni	2,81-3,10	2	24	23
Csak öntözéssel	3,11 <	0	26	42

8. ábra



Az ariditási index értékeinek változása (°C/mm)

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA FEJLŐDÉSI SZAKASZAIRA

ERDÉLYI ÉVA

Kulcsszavak: őszi búza, fenofázisok, klimatikus igény, klímaváltozási scenáriók

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Vizsgálatunkat debreceni példán mutatjuk be, amelyben az őszi búza termelés általános hazai tapasztalatait vettük figyelembe. Az időjárás determinatív jellegű ökológiai tényező, ezért nagyon fontos a fajta helyes megválasztása. A fajták egyik jellegzetessége az alkalmazkodóképesség, amely lehetővé teszi, hogy a fajta akkor is jó teljesítményt nyújtson, ha minden igényét nem tudják maximálisan kielégíteni. A megfelelő alkalmazkodóképességű fajták terméshibátlansága kedvezőbb, a terméshibátlanság kisebb mértékű.

A vetésidő, a vetésmélység megválasztása is alapvető technológiai tényező. A fajtára és a termőhelyre vonatkozó optimális vetésidőtől való mindkét irányú eltérés káros lehet. Az optimális vetésidő hat a növények fejlődésére és áttelelésére, a növény állománysűrűségére.

Az őszi búza ápolása nem más, mint az időjárás okozta káros hatások mérséklése és a gyomok, valamint a kártevők és kórokozók elleni védekezés. Az aratás munkái is szervezhetőek úgy, hogy minél jobb minőségben és minél kevesebb szemvesztéssel takarítsák be a termést. A búza minősége és a szemvesztés mértéke nagyrészt függhet attól is, hogy milyen érési fokozatban és milyen módon aratnak.

Megállapítható tehát, hogy a búza minőségét a biológiai, ökológiai és agrotechnikai tényezők egyaránt befolyásolják, és mivel az időjárás (különösen a hőmérséklet) adott, a többi tényező pozitív hatásának és az alkalmazkodóképességnek a növelésére szükséges törekedni.

A tanulmányban elemzett eset alapján az is elképzelhető, hogy ha az őszi búza fejlődésében a változó klimatikus körülmények hatására nem sérül és eljut az éréstől, akkor nagyon jó minőségű gabonát arathatnak. A sérülékenység mértéke monitorozással, agrotechnikai beavatkozással mérsékelhető.

Ezek mellett szükséges és zajlik speciális rezisztens fajták előállítását, amelyek különleges körülmények között is termesztethetők.

Olyan esetekre is célszerű felkészülni, amikor az adott helyen lehullott csapadék soknak bizonyul. Az átlagosnál lényegesen több májusi és júniusi csapadék mellett gyorsan felszaporodhatnak a legkülönbözőbb gombás megbetegedések, ami termésdepressziót okozhat.

A részletekre kiterjedő megfigyeléseket és hatásvizsgálatokat követően, azok sokszínűségének megfelelően megfogalmazhatók a válaszok az alkalmazkodást, a megelőzést, a felkészülést illetően, és így a károk csökkenthetők.

BEVEZETÉS

A növénytermelésben felmelegedésre, nagyobb mértékű csapadékhiányra szükséges felkészülni, amit a szélsőségek gyakoriságának növekedése is kísér. Vizsgálatainkat őszi búzára végeztük. Az időjárás nagymértékben befolyásolja a búza minőségét is. A növény növekedése során különböző fejlődési szakaszokon megy keresztül, amit lényegesen módosíthatnak az időjárási körülmények. A melegebbé és szárazabbá váló, gyakoribb szélsőségekkel sújtott növénytermelésre valószínűsíthető hatások kevés kivétellel negatívak

- a csapadékhiány fokozott termés kiesést okoz;
- az évenkénti termésingadozás nagyobb lesz;
- újabb kártevők, kórokozók, gyomok jelenhetnek meg.

Az időjárás modellezésének mai eredményei még számos bizonytalanságot hordoznak magukban és mivel egymástól eltérő előrejelzések születtek, elemzéseinkhez több globális cirkulációs modell (GCM) Debrecenre történt leskálázását használtuk. Egyrészt a *Hadley Intézet* (Anglia) által készített GCM-ek két típusát:

- A korábbi, rövid távú előrejelzésre alkalmas, naptári évhez nem köthető kétdimenziós síkmodell alapján készült UKLO (durvább felbontású, 1987) és UKHI (finomabb felbontású, 1990) ún. egyensúlyi klímaszenáriókat. Ezek a földfelszín hőmérsékletét, a csapadékot, a talajnedvességet, a tengerszintet, a jégborított területek nagyságát és az óceáni jég térfogatát becsülik megkészsereződött légköri CO₂-koncentráció mellett, az egyensúly beállta után.

- A fejlesztésüként később létrejött UKTR (1992) ún. tranziens szenáriót, mely nemcsak azt írja le, hogy „mi lesz akkor, ha”, hanem azt is, hogy „mi lesz addig”. Ez a modell már hosszú távú (több száz éves)

előrejelzésre is alkalmas és naptári évhez is köthető.

Másrészt használtuk a *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory* (GFDL, USA) által készített két GCM-et:

- A 2025–2034 időszakot jellemző 31 évet leíró GFDL2534.
- A 2055–2064 időszakot jellemző 31 évet leíró GFDL5564 nagy felbontású szimulációs modellt.

Ezek a sarkokon lévő jégvastagság változásából indulnak ki, és a változások hatásaként dolgozták ki előrejelzéseiket, figyelembe véve az üvegházhatású gázok kibocsátásának mennyiségét, valamint a légköri széndioxid-koncentráció mértékét. A két GFDL szenárió csak felbontásban különbözik egymástól (a későbbi finomabb felbontású). Kalibrálásukat hosszú idősorokon, 1990-ig vezették végig. Az előrejelzéseket a 21. századra adták meg azzal a feltevéssel, hogy évente 1%-kal növekszik a légköri széndioxid-koncentráció.

Vizsgálatainkban az összehasonlításokat a fent leírt, általánosan elfogadott szimulációs klímaszenáriókon kívül az ezek alapjául szolgáló BASE nevű, a mai feltételekkel szimulált szenárió adataival végezzük. A klímaszenáriók egy-egy 31 éves idősort tartalmaznak. Ezeknek a klímaszenárióknak (*IPCC, 1996*) a referencia időszaka az 1960–1990 közötti 31 éves időintervallum, ezért az összehasonlításokhoz a Debrecenben ekkor mért meteorológiai adatokat használtuk.

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSVIZSGÁLATAI MAGYARORSZÁGON

Földrajzi analógiákat vizsgálva *Gaál és Horváth (2006)* kimutatták, hogy Magyarország klímája – a klímaszenáriók szerint – Európa déli-délkeleti területeinek mai klímá-

jához fog hasonlítani. Magyarország klimatikus övezetek és növénytermelési zónák határán fekszik, már viszonylag kis klimatikus változás is jelentős mértékben megváltoztathatja az ország agroökológiai feltételeit. Ebből arra lehet következtetni, hogy a (élelmiszer- és takarmányellátás szempontjából) fontosabb gazdasági növények termelési övezete jelentősen északra tolódik. *Harnos N. (2003)* és *Harnos Zs. et al. (2000)* búzára végzett számításai is ezt mutatták. Modellkísérleteikkel termésvesztésre hívták fel a figyelmet. Megmutatták, hogy a szemtermés azonos fajták és agrotechnika alkalmazása mellett a nyugat-magyarországi csapadékosabb és a kelet-magyarországi szárazabb adottságú területen is csökken.

A hőmérséklet és csapadék változékonyságának relatív fontosságát jelezte *Semenov és Porter (1995)*. *Ladányi és Erdélyi (2005)* közölte, hogy a kukorica hozamkockázata figyelemreméltó mértékben növekedett. A hozam kismértékű hőmérséklet-növekedés esetén nő, de a további melegedés nagy veszteséggel járhat (*Erdélyi et al., 2006*). Jelezték, hogy a különböző klímaszenáriók elemzése alapján, a hőmérséklet kismértékű változékonysága a hozam nagymértékű változását vonja maga után. Azoknál a növényeknél, melyeknek fejlődési szakaszai a hősszeztől függnek, a fenofázisok hossza csökkenhet (*Erdélyi et al., 2007; Boksai – Erdélyi, 2007*). A klímaváltozással kapcsolatos hatásvizsgálatok fontosságát jelzi, hogy a nemzetközi szakirodalom 27 hőmérséklettel és csapadékkal megfogalmazott indexet definiált a változások jellemzésére (*Climate Change Indices*). Ezen indexek évenkénti gyakoriságát *Szenteleki et al. (2007)* KKT Programjának segítségével elemeztük napi csapadékmennyiség, minimum-, maximum- és átlaghőmérséklet-adatokkal.

Említettük, hogy a tanulmány az őszi búza klimatikus körülményeinek vizsgálatával foglalkozik. A növény hő-, tápanyag- és vízigényét irodalmi adatok felhasználásával (*Varga-Haszonits, 1972, 1987*), annak múltbeli teljesülését a Debrecenben mért időjárás-

si adatok, a jövőre vonatkozóan pedig a Debrecenre leskálázott klímaszenáriók hőmérséklet- és csapadékadatai alapján vizsgáltuk. Az éves hőösszegek alakulását vizsgálva, Debrecenben az 1960–1990-es referencia időszak mért napi középhőmérsékleti adatai és a klímaszenáriók segítségével becsült jövőbeni értékek alapján (1. ábra) megfigyelhetjük, hogy az éves hőösszegek az utolsó évtizedben nagyon lassan növekvő tendenciát mutatnak. Mondható-e, hogy ez a növekedés a jövőben is folytatódik? Az 1. ábra mutatja, hogy néhány év kivételével kisebb-nagyobb mértékben minden vizsgált klímaszenárió jelentős növekedést prognosztizál. Ez még jobban látszik, ha az elsőfokú sztochasztikus dominancia-kritériumot felhasználva ábrázoljuk az eloszlásfüggvényt mindhét adatsorra (2. ábra). E kritérium szerint a nagyság szerinti rendezés azt jelenti, hogy minél jobban balra helyezkedik el az adatokhoz tartozó eloszlásfüggvény egy másikhoz képest, annál kisebb értékek vannak az adatsorban. Eszerint tehát a múltban mért adatok mindegyik klímaszenárióhoz tartozó adatsor adatainál kisebbek, mert a hozzá tartozó eloszlásfüggvény az összes többtől balra helyezkedik el.

A növénytermelésben fontos paraméter a csapadék mennyisége és annak eloszlása. Megnéztük az éves csapadékösszegek alakulását is az elmúlt időszakban, valamint a klímaváltozással előre jelzett különböző forgatókönyvek által becsült jövőbeni értékeket (3. ábra). A múltban mért adatok ezen időszak második felében lassú csökkenést mutatnak, ezek értékétől nem különböznek jelentősen az előrejelzések, de nagyobb ingadozást tapasztalunk. Ezt mutatják az átlagok, szórások és a változékonyság mértékét kifejező variációs koefficiens (CV) (1. táblázat). Irodalmi adatok alapján az őszi búza éves csapadékiigénye 500–600 mm, más szerzők szerint 450–550 mm.

Az átlagok nem különböznek jelentősen, de az adatok változékonysága bizonytalanságot jelent. Az eloszlásfüggvények ábrázolásából látható, hogy a klímaváltozás a vizs-

gált helyen az éves csapadékösszegek csökkenésével jár (4. ábra), legfeljebb két szcenárióhoz tartozó eloszlásfüggvény helyezkedik el jobbra a mért adatokétól.

A növény szempontjából azonban az éves csapadékösszegek helyett sokkal fontosabb a tenyészidőre számolni, vagy a fejlődési szakaszokat külön-külön vizsgálni.

AZ ŐSZI BÚZA CSAPADÉK- ÉS HŐIGÉNYÉNEK VÁRHATÓ ALAKULÁSA

Az éghajlati tényezők jelentősége meghatározó a búza termésére, minőségére, a terméshozadásokat is rendszerint klimatikus tényezők, főleg a csapadékhiány okozza. Búzatermelés terméscsökkenő tényezője az aszály, amely csak korszerű agrotechnikai eljárásokkal mérsékelhető. A növénytermelésben nem az éves átlagok a meghatározóak, hanem valamely időszaké. Az agroökológiai potenciál felmérésében a növénytermelők a búzánál az áprilisi és májusi csapadékösszeget, valamint a májusi és júniusi hőösszegeket jelölték meg, mint a két meghatározó meteorológiai paramétert. A klímaszcenáriók alapján az mondható, hogy az áprilisi csapadékösszeg nem különbözik lényegesen a bázisidőszakétól, a májusi is csak kis mértékben, de nagy ingadozást mutat. Ez utóbbi az 5. ábrán látható, melyen a csapadékösszeg csökkenése is kirajzolódik a referencia időszak utolsó évtizedében, az értékek nagy ingadozása pedig a mért és becsült értékeknél egyaránt.

A becsült klímaszcenáriók alapján a klímaváltozás következtében a májusi és júniusi hőösszegek jelentősen megnövekedhetnek, ez az eloszlásfüggvények ábráján (6. ábra) látszik, hiszen a mért adatoké mindkét hónapra szinte az összes klímaszcenárió eloszlásfüggvényéhez képest balra helyezkedik el.

A búza hőigénye a tenyészidő folyamán változik. A csírázás már alacsony, 0 °C hőmérsékleten megindulhat. Kezdeti fejlődésének a hosszú, enyhe őszi kedvez. A tél

kritikus időszak a búza számára, mert hótakaró nélkül különösen az érzékeny fajták kifagyhatnak. A tavaszi időjárás akkor kedvező a búzának, ha enyhe és csapadékos. A kezdeti fejlődést döntő mértékben meghatározza a talaj vetéskori vízkészlete és a vetés után lehullott csapadék mennyisége is (Barabás, 1987; Varga-Haszonits, 1972, 1987).

A novemberi csapadékösszegek eloszlásfüggvényeit elemezve (7. ábra) elmondható, hogy valószínűleg lesz elegendő csapadék a búza számára a vetést követően. A klímaszcenáriókhoz tartozó eloszlásfüggvények mind balra helyezkednek el, de nagyon közel a múltban mért értékek eloszlásfüggvényéhez képest.

A szemtermés kifejlődésénél döntő jelentőségű a májusi és június eleji időjárás. Kedvező, ha ez az időszak csapadékos és hűvös, a nagy ezerszemtömeg elérésében. Összehasonlítva a mért májusi csapadékösszegeket az előre jelzett értékekkel – az 5. ábrán – látható, hogy ez az időszak kevésbé lesz csapadékos az előrejelzések szerint a jövőben, és nagyon nagy az értékek ingadozása. Ez azt jelenti, hogy csapadékhiány, de túl sok csapadék is nagy valószínűséggel előfordulhat ebben az időszakban, ami káros a búzára.

AZ ŐSZI BÚZA FEJLŐDÉSI SZAKASZAI

A kalászosok fejlődése a szervképződésben és a külső megjelenési formában bekövetkező fenológiai változások megfigyelésével követhető. A tenyészidőre számolt hőösszegek az évek során egyértelműen növekednek, és ez a növekedés kisebb-nagyobb mértékben folytatódik minden vizsgált forgatókönyv esetén kivétel nélkül, a csapadékmennyiség átlaga nem különbözik jelentősen. A növények fejlődésének meteorológiai körülményeiről azonban igen keveset tudunk, ha az éves összegeket, vagy a vetés-érés időszakot egészében vizsgáljuk. Célszerű a vegetációs időszakot a növény fejlődésére jellemző

kisebb periódusokra felosztani és körülményeit vizsgálni. A továbbiakban a búza fejlődésében tapasztalt klimatikus igényeket vizsgáljuk fel és a klímaszcenáriók segítségével elemezzük ezek jövőbeni teljesülését.

A vetés–kelés időszak

A búza általános jellegű igénye, hogy egy nedves növekedési időszakot egy száraz, meleg időszak kövessen. A búza vetésidejét úgy választják meg, hogy a növények a téli fagyokig megerősödjenek, jól teleljenek és tavasszal gyorsan fejlődjenek. A búza optimális vetésideje október első fele, illetve az október 5–20. közötti időszak. Az ország északabbra eső részein inkább október elején, a déli részekben pedig október közepe táján vetik a búzát. A szikes és kötött talajokon viszont a korábbi – szeptember végi – vetésidő a kedvezőbb. Az enyhe, csapadékos tavasz a kedvező, mert a télen legyengült növények így gyorsan megerősödnek.

Irodalmi források szerint a vetés–kelés időszakban (október végétől november közepéig) a búza 10–45 mm csapadékhöz jutott és 9–12,5 °C mellett fejlődött kedvezően. Az átlaghőmérsékletek Debrecenben a múltban gyakran alatta maradtak ennek a követelménynek, a jövőben várhatóan teljesítik, mivel a szcenáriók valamivel magasabb értékeket becsülnek (8. ábra).

A víz- és tápanyagigény teljesülni látszik, bár a múltban mért értékek a vizsgált időszak második felében gyakran alatta maradtak és nagyon nagy volt a szórás. Néhány év kivételével a csapadékmennyiség a jövőben is adott lesz a búza e fejlődési szakaszában, sőt többször valamivel több csapadék is várható (9. ábra). A bizonytalanság azonban a nagy szórások miatt igen jelentős. Ezeket az értékeket adtuk meg a 2. táblázatban.

Az eloszlásfüggvényekből (10. ábra) egyértelműen leolvasható, hogy az átlaghőmérsékletek növekedésével és csapadékcsökkenéssel lehet számolni ebben a fejlődési szakaszban.

A szárbaindulás–kalászás időszak

Ebben az időszakban, mely kb. április első dekádjától május második dekádjáig tart, az őszi búza igen érzékeny a hőmérsékletre: egyfokos hőmérséklet-változásra ekkor néhány napos fáziseltolódással reagálhat a növény. Az őszi búza gyors növekedése lényegében egybeesik ezzel a fejlődési szakasszal, ezért olyan érzékeny a növény az időjárási viszonyokra. A levélfelület kialakulása főként március végétől május elejéig történik. Ekkor játszódik le a növény növekedése is, mely a kalászozással fejeződik be.

A szárbaindulás–kalászás időszakban irodalmi adatok alapján az átlaghőmérséklet általában 13–17 °C, a búza számára optimális hőmérséklet 20–25 °C, a 35 °C feletti hőmérsékletek már kedvezőtlenek. A klímaszcenáriók előrejelzése szerint várhatóan nem változik az átlaghőmérséklet: a két egyensúlyi szcenárió (UKHI, UKLO) az optimális átlaghőmérsékletet jósolja, a többi az eddigiehez hasonlót és valamivel kedvezőbbet, a kedvezőtlen meleg pedig egy esetben sem várható (12. ábra). Viszont ebben a fenofázisban a termésre inkább a hidrikus faktorok hatnak. Ezért főként a víz- és tápanyagellátást, azaz a csapadékviszonyok alakulását vizsgáltuk részletesebben. Alacsonyabb nedvességi értékek mellett nagyobb terméshozam várható, azaz a nedvesebb talaj és a növekvő napi evapotranszspiráció a termésre csökkentőleg hat. A csapadékos meleg május a kedvező, azonban a viharos májusi időjárás kedvezőtlen, mert a gyengébb szárú fajták megdőlhettek. A megdőlés különösen káros, ha korán (virágzáskor) következik be. A megdült növényállományt könnyebben fertőzik a gombabetegségek, a tápanyagok beépülése a szembe nem lesz megfelelő, jelentős termés kiesés és minőségromlás következik be, a betakarítást is megnehezíti és a betakarítási veszteség nagyon magas lehet.

Ez az időszak tehát bizonytalansága miatt – az 5. ábrán láttuk, hogy a csapadékmennyiségek értékei nagy ingadozást mutattak –

kritikus lehet az őszi búzára nézve a jövőben. A szárba induló búza azért is zavartalan víz- és tápanyagellátást igényel, mert e fázis végén termeli a legtöbb szárazanyagot (az összes szárazanyagnak közel felét). A kedvezőtlen vízellátás – abban az esetben, ha ősszel és télen kevés csapadék hullott, a tavasz száraz és meleg – zavarja a növény fejlődését. Kísérletek szerint, ha e fejlődési szakaszban a növényt aszály éri, a termés a felére csökken. A vegetatív szervek kisebbek lesznek, csökken az asszimilációs tevékenység is, ami a kalászkák virágszerveinek fejletlenségét vonja maga után. Tehát ebben az időszakban a csapadékot minden szempontból egyenletesen igényelné a növény, aminek teljesülése sajnos a múltbeli megfigyelések vége felé sem teljesült, és a jövőben – a klímaszcenáriók előrejelzése szerint – is megkérdőjelezhető (11. ábra, 3. táblázat). A 12. ábrán az értékek nagy változékonysága miatt a csapadékatadokhoz tartozó eloszlásfüggvények elég laposak. A klímaszcenáriók előrejelzése nagyon hasonló, a BASE, az UKTR, GF2534 és GF5564 értékeihez tartozó eloszlásfüggvények szinte azonosan egyenlők.

A kalászoslás–viaszérés időszak

Ebben a fejlődési szakaszban a termikus faktorokat képviselő hőmérséklet szerepe a legjelentősebb, az átlaghőmérsékletének emelkedése a terméshozam csökkenését vonja maga után. Ezen belül egy másik, aránylag rövid ideig tartó kritikus időszak a kalászoslás és virágzás időszaka. A virágzás optimális hőmérséklete 20–25 °C. Megnéztük, hogy mennyire felelt meg ennek a múlt időjárása és mi várható a jövőben. Az 1960–1990-es időszak megfigyelései alapján mondhatjuk, hogy ez az időszak kedvező volt, az előrejelzések pedig még kedvezőbb feltételeket mutatnak a klímaszcenáriók mindegyikének esetében. Virágzáskor a búza nagyon érzékeny a magas (30 °C feletti) hőmérsékletre, ami szerencsére a vizsgált

helyen sem a múltban, sem a jövőben nem jellemző. Szélsőségesen rossz még a 10 °C alatti hőmérséklet, amivel az adatsorok egyikében sem találkozunk.

A virágzás a kalászoslás után 5–6 napra kezdődik és 2–4 napig tart. Ilyenkor kedvezőtlen a csapadékos időjárás, mert sok pollen megsemmisül. A magas hőmérsékletre és a rossz vízellátásra bekövetkező virágszervek részleges elhalása miatt a termés jelentős mértékben csökkenhet. A zavartalan éréshez és a szemek kifejlődéséhez az az előnyös, ha a június nem túlzottan meleg. Az előrejelzések alapján látható, hogy a júniusi átlaghőmérséklet további növekedést mutat minden klímaszcenárió alapján (6. ábra).

Különösen káros az érés elején hirtelen beköszöntő nyári hőség, mert kényszererést okozhat, aminek hatására lényegesen csökken az ezerszemtömeg, romlik a minőség. A teljes érés előtt beköszöntő nagy meleg és szárazság szemszorulást eredményezhet.

A kalászoslás–viaszérés időszakban a búza a megfigyelések alapján 18–20,5 °C mellett fejlődött (irodalmi adatok és az 1960–90-es megfigyelések szerint).

Ellenőrizzük, hogy teljesül-e ez a feltétel a jövőben is (13. és 15. ábra)! A klímaszcenáriók fele több fokkal magasabb átlaghőmérsékletet prognosztizál, ami különösen szárazsággal párosulva nagyon kedvezőtlen lehet a növényre.

Az érés és betakarítás idején károsan hat a termésre a sok csapadék is. Elemezve a júliusi csapadékösszegeket tapasztalható, hogy az előre jelzett értékek jóval magasabbak az UKHI-t kivéve minden klímaszcenárió becslése szerint, mint a múltban mértek (4. táblázat), és a szórásaik, így a változékonyság itt is elég nagy. Ez az jelenti, hogy a károk csökkentésének érdekében a betakarítás időpontjának megválasztásához a termés és a körülmények figyelése, valamint optimalizálás válhat szükségessé. A termés minősége, a búza nedvességtartalma nagymértékben függ a jó időpont megválasztásától.

A csapadékgéni teljesülését az egész kalászoslás–viaszérés időszakra nézve, az őszi

búza esetében – tapasztalat szerint – 75–160 mm. Az előrejelzések kisebb, de még megfelelő mennyiségeket jeleznek (14. és 15. ábra, 5. táblázat).

A BÚZA MINŐSÉGE

A már említett minőségi paraméterek követelményeinek elemzésén kívül a jó sikértartalomhoz szükséges optimális hőmérséklet teljesülését is vizsgáljuk. A szemtermés legfontosabb alkotórészei a fehérjék és a keményítő, melyek aránya adja a búzaszem fontos milyenségi jellemzőjét. A vízben nem oldódó fehérje a sikér, melynek mennyisége és minősége határozza meg a búzafajták sütőipari minőségét. Kutatási eredmények bizonyítják,

hogy a legjobb sütőipari minőségű búzát a legszárazabb évben takarították be, de azt is megmutatták, hogy a száraz érésbeli időjárás a sikerminőséget a csökkent enzimaktivitás miatt rontja. Ebből is látszik, hogy az éves csapadék mennyisége mellett az eloszlása milyen fontos. Az enzimaktivitás optimális hőmérséklete az őszi búzánál 17–23 °C. Megnéztük, hogy ez előreláthatóan hány napon teljesül évente. Ebből a szempontból a klímaváltozás kedvezően hat a búzára (16. ábra).

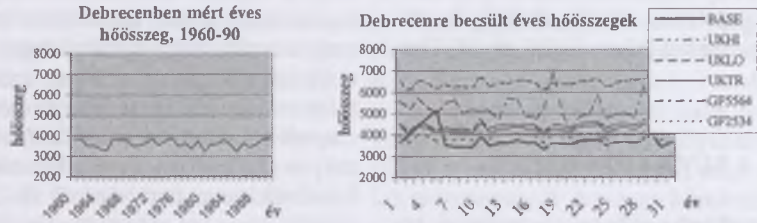
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka az OTKA T042583 és a NKFP 6-00079/2005 projektek támogatásával készült.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

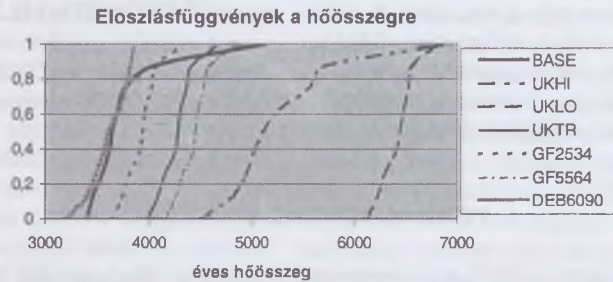
- (1) BARABÁS Z. (szerk.) (1987): A búzatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (2) Climate Change Indices, Definitions of the 27 core indices, Available at: http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/list_27_indices.html (3) BOKSAI D. – ERDÉLYI É. (2007): The effects of climate change on the phenological phases of corn. Summer University on IT in Agriculture and rural Development, 2007 augusztus, Debrecen, CD-ROM (4) ERDÉLYI É. – HORVÁTH L. – BOKSAI D. – FERENCZY A. (2006): How climate change influences the field crop production II. – Yield variability of maize, ECO-Conference 2006. (Novi Sad), 7–12. pp. (5) FODOR N. – MÁTHÉNÉ-GÁSPÁR G. – POKOVI K. – KOVÁCS G. J. (2002): 4M – software package for modelling cropping systems. European J. of Agr. Vol 18/3–4. 389–393. pp. (6) GAÁL M. – HORVÁTH L. (2006): Geographical analogies in climate change research. HAICTA, Greece (7) HARNOS N. (2003): A klímaváltozás hatásának szimulációs vizsgálata őszi búza termelésére. „AGRO-21” Füzetek 31. sz., 56–73. pp. (8) HARNOS Zs. – BUSSAY A. – HARNOS N. (2000): Modelling climate change impacts on wheat and potato in Hungary. (Ch. 19.) In: Climate change, climatic variability and Agriculture in Europe (Eds.) Downing, T. E., Harrison, P. A., Butterfield, R. E., Lonsdale, K. G., Environmental Change Unit, University of Oxford 2000, 349–367. pp. (9) IPCC: Climate Change 1995: The Science of Climate Change (Eds. Houghton, J.T., Meira Filho, L. G., Callander, B., Harris, N., Kattenberg, A. & Maskell, K.), 1996. Cambridge University Press, Cambridge (10) LADÁNYI M. – ERDÉLYI É. (2005): A kukoricatermesztés kockázatának vizsgálata egy új sztochasztikus hatásossági módszerrel. (The increase of risk in maize production detected by a new stochastic efficiency method) *Agrárinformatika* 1–6. (Debrecen) (11) SEMENOV, M. A. – PORTER, J. R. (1995): Nonlinearity in climate change impacts assessments. *Journal of Biogeography*, 22, 597–600. pp. (12) SZENTELEKI K. – LADÁNYI M. – ERDÉLYI É. – HORVÁTH L. – HUFNAGEL L. – SOLYOSI N. – RÉVÉSZ A. (2007): Introducing the KKT Climate Research Database Management Software. EFITA Conference, Glasgow, CD-ROM (13) VARGA-HASZONITS Z. (1987): Agrometeorológiai információk és hasznosításuk. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (14) VARGA-HASZONITS Z. (1972): Agroklimatológiai modell az őszi búza fenofázisainak meteorológiai jellemzésére. Kandidátusi értekezés

1. ábra



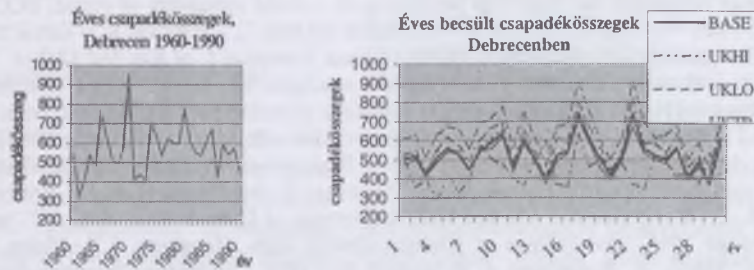
Debrecenben mért éves hőösszegek és az éves hőösszegek alakulása a klímaszenáriók alapján

2. ábra



Éves hőösszegek eloszlásfüggvénye Debrecenben

3. ábra



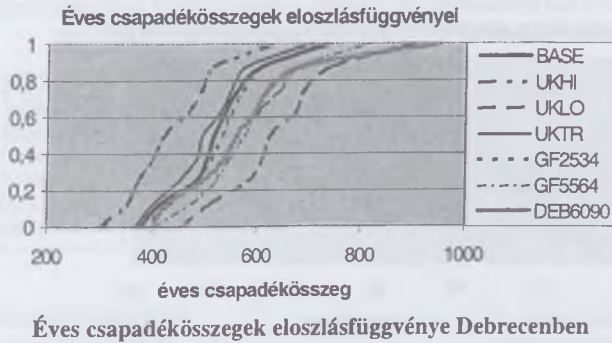
Debrecenben mért múltbeli és előre jelzett éves csapadékösszegek

1. táblázat

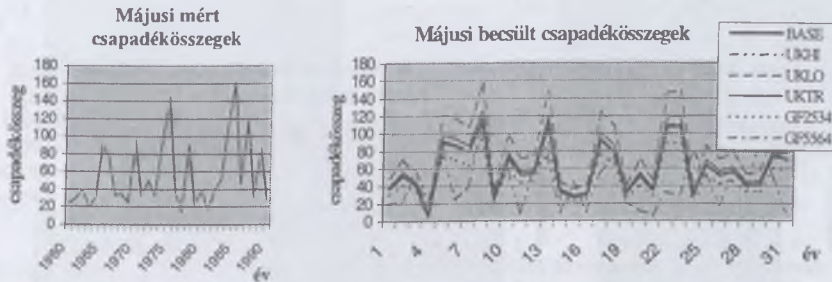
Éves csapadékösszegek átlaga, szórása és variációs koefficiense (CV) Debrecenben mért múltbeli és előre jelzett adatok alapján

DEB6090		Klímaszenáriókkal becsült éves csapadékösszegek					
		BASE	UKHI	UKLO	UKTR	GF2534	GF5564
127,50	szórás	91,370	84,930	111,660	83,910	89,40	101,730
564,65	átlag	520,040	433,630	635,710	499,020	525,76	575,440
0,23	CV	0,176	0,196	0,176	0,168	0,17	0,177

4. ábra



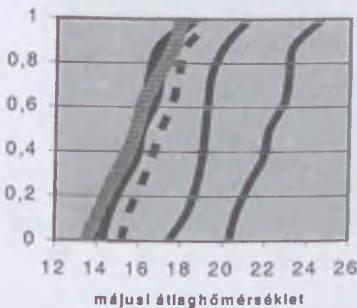
5. ábra



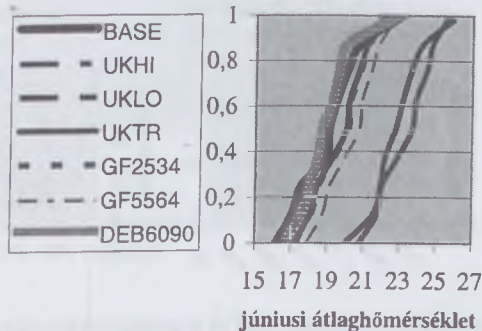
Debrecenben mért májusi csapadékösszegek és azok alakulása az előrejelzések szerint

6. ábra

A májusi átlaghőmérséklet eloszlásfüggvényei



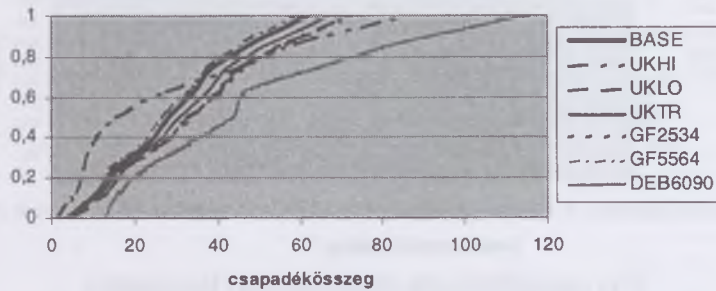
A júniusi átlaghőmérséklet eloszlásfüggvényei



Májusi és júniusi átlaghőmérsékletek eloszlásfüggvényei Debrecenre

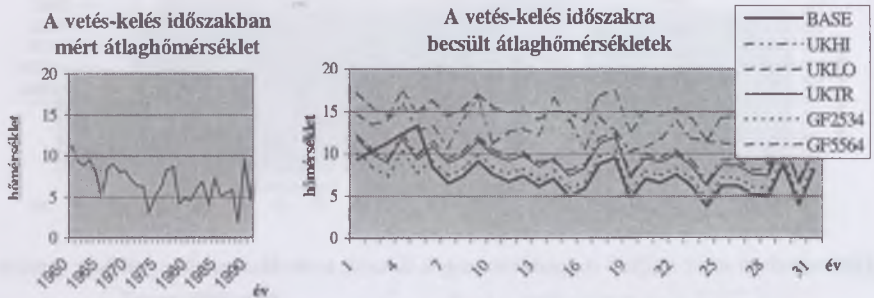
7. ábra

Eloszlásfüggvények a novemberi csapadékösszegre



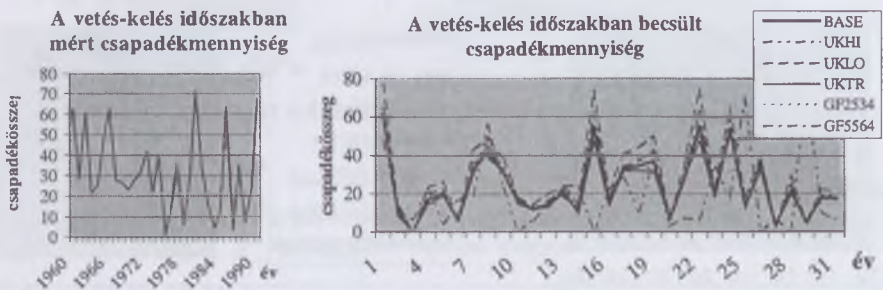
Eloszlásfüggvények a novemberi csapadékösszegre Debrecenben

8. ábra



Debrecenben múltban mért és a scenáriókkal előre jelzett átlaghőmérsékletek az őszi búza vetés–kelés időszakában (az év 290–305. napján)

9. ábra



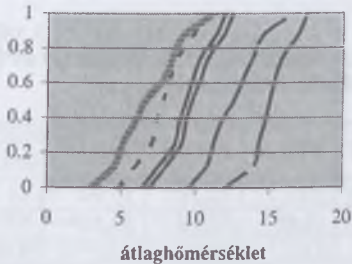
Debrecenben múltban mért és a scenáriókkal előre jelzett csapadékösszegek az őszi búza vetés–kelés időszakában (az év 290–305. napján)

2. táblázat
Csapadékösszegek alakulása Debrecenben a vetés–kelés időszakban (az év 290–305. napján),
mért adatok és a klímaszenáriók előrejelzései szerint

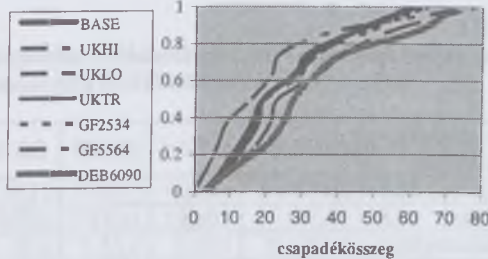
Vetés–kelés fenofázis	DEB6090		BASE	UKHI	UKLO	UKTR	GF2534	GF5564
(okt. v–nov. k): 10–45 mm	20,17	szórás	16,44	20,05	21,23	15,71	16,82	17,78
csap.szükséglet	31,32	átlag	23,65	19,68	30,14	22,70	24,30	25,12
	0,65	CV	0,69	1,02	0,70	0,69	0,69	0,71

10. ábra

Az átlaghőmérsékletek
eloszlásfüggvényei
a vetés–kelés fenofázisban



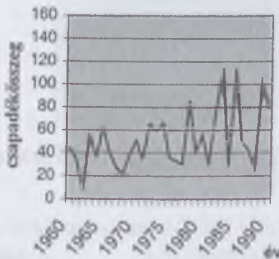
A csapadékösszegek
eloszlásfüggvényei
a vetés–kelés időszakban



Mért és klímaszenáriókkal előre jelzett átlaghőmérséklet és csapadékösszegek a vetés–kelés
időszakban, Debrecenben

11. ábra

Mért csapadékösszegek
a szárbaindulás–kalászás
időszakban

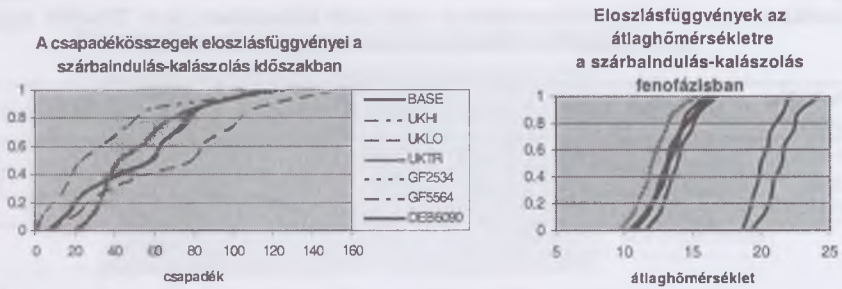


Becsült csapadékösszegek a
szárbaindulás–kalászás időszakban



Mért és becsült csapadékösszegek a szárbaindulás–kalászás fejlődési szakaszra Debrecenben
(az év 101–130. napján)

12. ábra



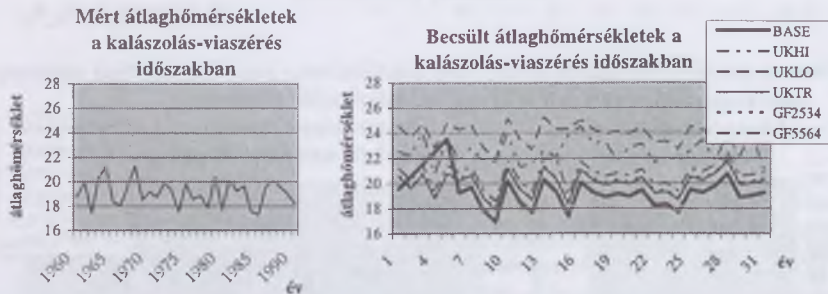
Mért és klímaszenáriókkal előre jelzett csapadékösszegek és átlaghőmérséklet eloszlásfüggvényi szárbaindulás–kalászás fejlődési szakaszra Debrecenben

3. táblázat

Csapadékösszegek alakulása Debrecenben a szárbaindulás–kalászás időszakban (az év 101–131. napján), mért adatok és a klímaszenáriók előrejelzései szerint

Szárbaindulás–kalászás	DEB6090		BASE	UKHI	UKLO	UKTR	GF2534	GF5564
(ápr.10.–máj.10.)	20,17	szórás	31,67	31,01	2,12	31,19	30,99	38
70–80 mm	31,32	átlag	51,71	32,56	68,65	50,65	50,32	57,77
csap.szükséglet	0,65	CV	0,61	0,95	0,61	0,62	0,62	0,66

13. ábra



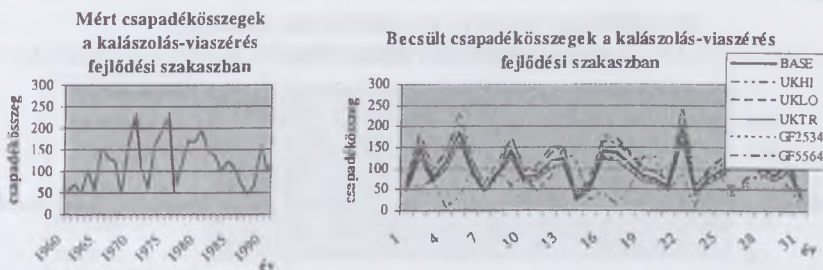
Mért és klímaszenáriókkal becsült csapadékösszegek a kalászás–viaszérés fejlődési szakaszra Debrecenben (az év 147–197. napján)

4. táblázat

Júliusi csapadékösszegek Debrecenben, a múltban mért és a klímaszenáriókkal jövőre becsült értékek jellemzői

DEB6090		BASE	UKHI	UKLO	UKTR	GF2534	GF5564
65,7	átlag	87,45	56,90	100,05	74,28	74,77	109,10
37,15	szórás	39,26	31,14	42,24	33,83	32,30	52,04
0,57	CV	0,45	0,55	0,42	0,46	0,43	0,48

14. ábra



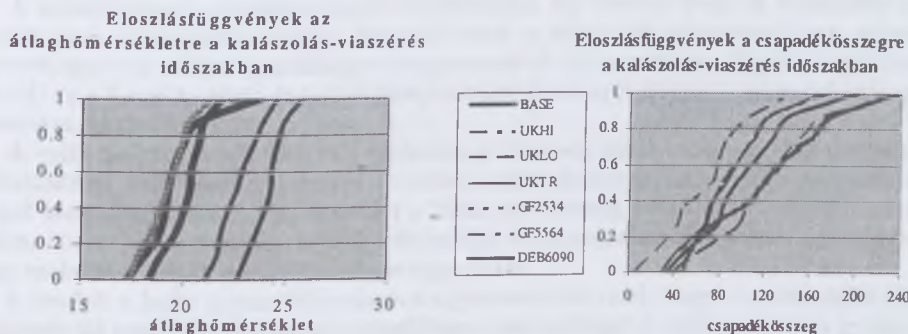
Mért és klímaszenáriókkal becsült csapadékösszegek a kalászos-viaszérés fejlődési szakaszban, Debrecenben

5 táblázat

Mért és becsült csapadékösszegek jellemzői a kalászos-viaszérés fejlődési szakaszra Debrecenben (az év 147–197. napja)

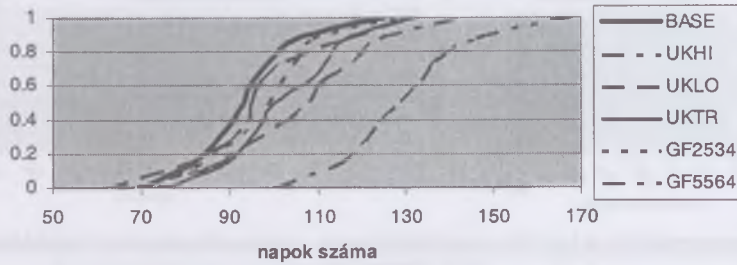
Kalászos-viaszérés	DEB6090		BASE	UKHI	UKLO	UKTR	GF2534	GF5564
(máj. v.–júl. k.)	55,22	Szórás	42,46	36,87	49,25	36,65	36,32	50,66
75–160 mm csap.szükséglet	119,76	Átlag	98,58	65,43	120,2	85,64	86,14	118,86
	0,46	CV	0,43	0,56	0,41	0,43	0,42	0,43

15. ábra



Mért és klímaszenáriókkal előre jelzett átlaghőmérséklet és csapadékösszeg eloszlásfüggvényei a kalászos-viaszérés fejlődési szakaszban, Debrecenben

Eloszlásfüggvények az enzimaktivitás optimális hőmérsékletének gyakoriságára



A 17–23 °C hőmérsékletű napok várható száma a klímaszenáriók szerint évente, Debrecenben

KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A TELEPÜLÉSEK FENNTARTHATÓSÁGA

CSETE MÁRIA

Kulcsszavak: klímaváltozás, integrált alkalmazkodás, fenntarthatóság, terület- és településfejlesztés

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A klímaváltozás – fenntarthatóság – településfejlesztés hármását az aktualitás, a térbeni megjelenés, a holisztikus szemléletmód, a több szinten való megjelenés (globális, regionális, lokális), valamint a természeti, társadalmi, gazdasági környezet összefüggéseinek számításba vétele jellemzi.

Következésképpen a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás sem önállóan, hanem az említett törekvésekkel, programokkal összefüggésben oldható meg. Ezt azért is célszerű követni, mert az EU nem indít elkülönült klímaprogramot, hanem más, már meglévő programokba kívánja integrálni a légkörvédelmet és az alkalmazkodást.

A fenntarthatóság tartalmát és szintjeit mérlegelve, eddigi vizsgálataink alapján remélhető, hogy a klímaváltozással összefüggésben a lokális szint az, ahol talán könnyebb az előbbre jutás, egy-egy településen, kisebb térségben, mert az ott élők eleve- nébe vágó kérdés az alkalmazkodás érvényesítése.

A lokális szintű alkalmazkodást előmozdítja, ha ismert, hogy a különféle alkalmazkodási megoldások hogyan kapcsolódnak a különféle programokhoz, pályázati lehetőségekhez. Ezért is szükséges megismerni és folyamatosan figyelemmel kísérni az EU és a hazai terület- és településfejlesztési, fenntarthatósági, valamint más programokat, határozatokat.

A valós helyzet megismerése érdekében a Tisza-tó környezetében, hat településen készítettünk felmérést a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás helyi megítéléséről, majd megfogalmaztunk egy ajánlást a Tisza-tavi térség példáján a helyi társadalom klíma- és időjárás-változásra való felkészülés országosan alkalmazható fenntarthatósági cselekvési minta modelljének kidolgozására.

A modell a helyi érintettek számára egyértelművé teszi, hogy a potenciális klímaváltozás mi mindenre is hat egy településen, ami elősegíti a megértést és a gyakorlati megvalósítást. Az adaptált modell helyi szinten begyakorolható, a váratlanságból, meglepetésből adódó pánik elkerülése érdekében. A klímaváltozás várható hatásaihoz való alkalmazkodás megvalósíthatósága alapvetően attól függ, hogy a helyi közösség mennyire tud kapcsolódni, törekvéseit integrálni a különféle meghirdetett programokhoz. Ezt aláhúzza, erősíti a romakérdés megoldatlansága a vizsgált településeken.

BEVEZETÉS

Napjainkban szakmai körökben már közismertté vált az IPCC¹ közlése, miszerint a klímaváltozás legnagyobb kockázata a fenntarthatóságot érinti, de a megállapítás nem váltott ki erőteljesebb visszhangot Magyarországon. A VAHAVA² jelentés szerencsére behatóbban foglalkozott a klímaváltozás – fenntarthatóság – települések – mitigáció – adaptáció problémakörével. Ennek ellenére a rendelkezésre álló ismeretek igen szerények. A VAHAVA projekt keretében is csak egy felmérésről lehet tudomást szerezni, amit *Tenk Antal* végzett Nyugat-Magyarország termelői és települései körében. Ebből kiderült, hogy helyi szinten a döntéshozók alig-alig gondolnak a klímaváltozásra – egyéb gondjuk mellett –, s hogy lényegében az államtól, a kormányzattól várják a klímaváltozásra, az alkalmazkodásra való felkészülés kezdeményezését.

Ezeket ismerve a jelen tanulmány célja egyrészt bepillantást nyerni abba, hogy a település vezetői napjainkban hogyan ítélik meg, hogyan érzékelik a klímaváltozás határait, másrészt megoldásokat ajánlani – az elővigyázatosság elvének megfelelően – a településen élők érdekében a cselekvő felkészülésre, megelőzésre, a károk mérséklésére, arra számítva, hogy a lokális szinten élők érdekei a helyileg kézzelfogható időjárási anomáliák gyakorisága, a kölcsönhatások és összefüggések tapasztalt jelenségei alapján könnyebben megérthetőek, mint regionális vagy globális szinten. Ha a helyi megoldások általánossá válnak, akkor ezek kedvezően befolyásolhatják a légkörvédelmet, az alkalmazkodást és a fenntarthatósági törekvéseket, továbbá az alulról induló civil kezdeményezések minden bizonnyal hatnak a döntéshozókra is.

¹ IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

² A VAHAVA mozaikszó, amit a „változás – hatások – válaszok” szavak első két betűjéből képeztek. A projekt így vált ismertté hazánkban.

Ismeretes, hogy a háztartások fogyasztása nagymértékben hozzájárul a káros kibocsátásokhoz. Ennek mérséklése az alkalmazkodás megoldásaival elérhető, ezért települési szinten az alkalmazkodás és a légkörvédelem egymást erősítő megoldásait célszerű mindenképp előtérbe hozni.

A vizsgálat a Tisza-tó melletti sajátos térség hat települését öleli fel (a Tisza folyásirányának megfelelően ezek a következők: Poroszló, Újlőrincfalva, Sarud, Tiszanána, Kisköre és Pély). A célnak és a vizsgálat tárgyának megfelelően a forrásmunkák, módszerek kritikai értékelése mellett kérdőíves felmérés, összehasonlító elemzés szolgált a vizsgálatok módszerül. Annak érdekében, hogy a helyi alkalmazkodási lehetőségek helyes irányait kijelöljük, célszerű röviden foglalkozni a területfejlesztési, valamint a fenntarthatósági általános törekvésekkel, mert ezek elősegíthetik a klímaváltozásra való felkészülést.

UNIÓS TERÜLETFEJLESZTÉSI TÖREKVÉSEK A FENNTARTHATÓSÁG TÜKRÉBEN

A társadalmi-gazdasági tevékenység térben és időben zajlik, aminek szerves következménye, hogy nem független a területi sajátosságoktól, s azok alapvetően befolyásolják a fejlesztési lehetőségek spektrumát. A területfejlesztési tevékenységek körét képezi a terület- és településrendezés, az állam és a vállalkozások gazdaságfejlesztő tevékenységének területi szabályozása, irányítása, valamint a közigazgatási terület-szervezés és az önkormányzatok fejlesztése, finanszírozása (*Illés, 2006*). Ebben a fejezetben az Európai Unió és Magyarország területfejlesztési politikájának fenntartható fejlődéssel kapcsolatos kezdeményezéseire, törekvéseire kívánunk rávilágítani.

Hannoverben, 2000 szeptemberében a *Regionális Tervezésért Felelős Miniszterek*

Európai Konferenciájának (CEMAT³) értekezletén került elfogadásra „Az európai kontinens fenntartható területfejlesztési irányelvei” elnevezésű dokumentum. A konferencián meghatározott irányelvek kiemelik az emberi jogok és a demokrácia területi dimenzióját, s olyan területfejlesztéspolitikai célkitűzéseket helyeztek a középpontba, melyek elősegíthetik, hogy az *Európa Tanács* valamennyi tagállamában az életszínvonal elfogadható szintet érhesse el, ami összhangban áll a fenntartható, elérhető település modelljével. Mindemellert az európai sokféleség – történelmi eseményeknek és földrajzi jellemzőknek köszönhető ez a magas fokú diverzitás – megőrzésében látja a demokrácia kulcsát, amit a szubszidiaritás és reciprocitás (kölcsonosság) elvei is alátámasztanak. Lényeges eleme a koncepciónak, hogy az *irányelvek elősegítik egy adott terület társadalmi-gazdasági igényeit, követelményeit annak természeti-környezeti, ökológiai és kulturális funkcióival, mindezt pedig oly módon, hogy egy hosszú távú, széles körű és kiegyensúlyozott területfejlesztést tegyenek lehetővé.*

Az Európai Területfejlesztési Perspektíva (ESDP⁴) mintegy 200 oldalas dokumentuma az Európai Unió területének kiegyensúlyozott és fenntartható fejlődése felé alcímet viseli, s 1999 májusában Potsdamban, a Területtervezésért Felelős Miniszterek Informális Tanácskozásán került elfogadásra. Az ESDP szerint az Európai Unióban kiegyensúlyozott és fenntartható fejlődés csak oly módon érhető el, ha a helyi viszonyoknak megfelelően határozzák meg a célok súlyát és egymáshoz fűződő kapcsolatát. Ez a kijelentés teljes mértékben összhangban áll a tanulmány gondolatiságával.

Arra a kérdésre, hogy a régiók hogyan segíthetik egy fenntartható Európa építését, a *Regionális Fejlesztési Programok Zöldíté-*

se (GRDP⁵) elnevezésű törekvés próbál meg választ találni. A 2007–2013 közötti tervezési időszakra a *fenntartható fejlődés* mint a Kohéziós Politika egyik legfontosabb alapelve került megerősítésre. Ehhez kötődve regionális szinten a GRDP keretében összeállított eszközrendszer nyújthat segítséget a környezeti szempontok regionális fejlesztésbe történő integrálásához, mely elősegítheti a fenntarthatóság felé való elmozdulást. Mindezen túlmenően a régiók számára nem utolsó szempont az sem, hogy az *EU 1083/2006-os rendelete a Strukturális Alapokról a környezeti fenntarthatóságot a regionális finanszírozás kulcsfontosságú tényezőjévé tette. A GRDP a környezetet mint a gazdaság mozgatórugóját értelmezi, mely eltér a hagyományos társadalmi-gazdasági-környezeti kapcsolatrendszer értelmezésétől, s közelít a környezetgazdaságtan nézőpontjához. Fontosnak tartják ama tény hangsúlyozását, hogy a környezetvédelem képes gazdasági előnyt, hasznot teremteni, s elősegíti a fenntartható fejlődés folyamatát. A GRDP keretében a különféle lehetőségeket szolgáló eszközrendszer főbb pontjai a következők*

- gazdasági előnyök összefoglalása és ismertetése;
- partnerség, mint a fenntarthatóság eszköze;
- hálózatok kialakítása a környezetvédelem integrációjának elősegítésére;
- SKV (Stratégiai Környezeti Vizsgálat) előnyei a jogi előírások betartásán túlmenően;
- projektek zöldítése a gazdasági növekedésért és munkahelyteremtésért;
- zöldebb mezőgazdasági és vidékfejlesztési programok;
- fenntartható közösségek fejlődése (városok és települések zöldítése).

Számtalan előnye lehet annak, ha a környezetet állítják a gazdasági törekvések

³ CEMAT = Conférence Européenne des Ministres responsable de l'Aménagement du Territoire

⁴ ESDP: European Spatial Development Perspective

⁵ GRDP: Greening Regional Development Programmes

középpontjába, s fontos ezek *tudatosítása a programalkotók és döntéshozók körében* is, amihez hozzájárulhat a GRDP kezdeményezése is. A környezeti erőforrások megőrzése gazdasági – az erőforrás-felhasználás javuló hatékonyságára gondolva – és társadalmi előnyökkel járhat, figyelembe véve az életminőség javulását a pozitív környezeti hatásoknak köszönhetően. A környezetgazdálkodásban tevékenykedők fejlődése magával vonja a helyi gazdaság felélénkülését, munkahelyek teremtését, új szaktudás létrejöttét. Ez az új szaktudás a vállalkozásokra költség- és kockázatsökkentő, innovációt ösztönző hatással lehet. A környezetvédelmi szempontok alkalmazása – a helyi sajátosságoknak megfelelően – például a piaci rések és védjegyek kialakításával növelheti az adott terület versenyképességét. Már önmagában a környezet terhelésének, szennyezésének csökkentése is *kockázatmérséklő, javítja az életminőséget, az egészségügyi jellemzőket, s így összességben javíthatja a régió vonzerejét.*

Az európai tapasztalatok alapján megállapítható (*GRDP, 2007*), hogy a hatékony partneri együttműködés hozzájárul a regionális fejlesztési programok megvalósításához. Az ajánlás részletesen foglalkozik, többek között a partnerség elvéhez kötődően, a jogi és politikai háttérrel, továbbá annak előnyeit is felsorakoztatja, valamint vázolja annak folyamatát, hogyan lehetséges jó partnerséget kialakítani, s ezt különböző gyakorlati példákkal támasztja alá. A partnerség összességében segítheti a források jobb igénybevételét, támogatja a demokratikus döntéshozatali folyamatot, a korrupció megelőzésének egyik eszköze is, s ezen túlmenően fontos szerepet játszhat a helyi igényekre reagáló programok kialakításában, hiszen megfelelő információáramlás biztosítása nélkül az lehetetlen.

A hálózatok fontossága azzal indokolható, hogy azok segíthetik a fejlesztési programok zöldebbé tételében akár a gazdasági fejlesztéseken, akár a környezetvédelmi témákon tevékenykedő szereplőket, így

elősegítve a közöttük lévő konszenzus, összhang megteremtését. Olyan együttműködésekre, hálózatokra gondolhatunk, melyek nemzetközi, nemzeti, regionális szinteken egyrészt segítik a különböző programok érintettjei közötti információ- és tapasztalatcserét, másrészt koordinálják a fejlesztési programok tevékenységeit.

Az EU-ban a *Stratégiai Környezeti Vizsgálat* azon regionális fejlesztési tervek és programok esetén kötelező, amelyek a 2001/42/EK rendelet hatálya alá esnek. Lényege, hogy a döntéshozói folyamatokban a kezdetektől szerepeljenek a környezeti szempontok a társadalmi és gazdasági témák mellett, előmozdítva az innovációt és a fenntartható fejlődést. A projektek zöldítésétől várható előnyök az alábbiak:

- Növelik a régió versenyképességét a minőség tekintetében.
- Regionális támogatások elnyerésében előnyös a környezeti hasznok felsorolása.
- Pénzmegetakarítások érhetők el (kevesebb erőforrás és energia felhasználásával).
- Környezettudatos fogyasztói réteg kialakulásának elősegítése, innovatív módszerek elterjesztésével.
- Környezeti kockázatok csökkentése.

Európában évente több milliárd eurót költenek regionális fejlesztésre, gazdasági és társadalmi kohézióra, így jó lehetőség kínálkozik a fenntarthatóság érvényesítésére és a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásra.

A zöldebb mezőgazdasági és vidékfejlesztési programokra való törekvés fontosságát támasztja alá az a tény is, hogy az Európai Unió területének mintegy fele művelés alatt álló terület. A 2007–2013-as időszakra vonatkozó vidékfejlesztési politika a *vidéki területek fenntarthatóságának javítását tűzte ki célul.* A GRDP megállapítása szerint a jelenlegi vidékfejlesztési politika zöldítésére vonatkozó tapasztalatok igen hiányosak. Számos esetben az agrárpolitika a termelést kizárólag a környezeti célok költségoldaláról tekinti, s nem veszi figye-

lembe azokat az új lehetőségeket, melyek a fenntarthatóbb gazdálkodás irányába való elmozdulásból fakadnak. A Közös Agrárpolitika a fenntartható fejlődés folyamatának elősegítéséhez a támogatások növelésével járul hozzá, például olyan területeken, mint az egészséges, minőségi termékek, környezetbarát, fenntartható termelési eljárások (biogazdálkodás), megújuló nyersanyagok használata, biodiverzitás védelme. A 2007-es új EMVA Rendelet 3. tengelye az *életminőség és a vidéki gazdaságok diverzifikációjának javítása*, mely olyan intézkedéseket tesz lehetővé, amelyek javítják és fejlesztik a vidéki környezet minőségét. Az intézkedések érinthetik például a gazdaságok bioenergia-termelését, a biomasszára épülő távfűtést, a vidéki önkormányzatok fejlesztését, a vidéki örökség megőrzését, a vidéki népesség alapvető szolgáltatásait is. A Rendelet 4. tengelye a *LEADER*⁶ program – valójában módszertani –, amely a „bottom-up”, vagyis a helyi kezdeményezésű fejlesztési stratégiákat támogatja, ami helyi emberekkel a speciális viszonyokhoz, adottságokhoz, jellemzőkhöz illeszkedik (erősségek – gyengeségek, helyi szükségletek stb.), mégpedig oly módon, hogy figyelembe veszi a versenyképesség, környezet és életminőség hármasság célkitűzését.

A fenntartható jövő szempontjából nem kevésbé fontos terület a városok, települések zöldítése, fenntarthatóbbá, vagyis élhetőbbé tétele, melyben természetesen fontos szerepet játszanak a helyi döntéshozók. A környezetszennyezés, a túlnépesedés, a magas fogyasztás, hulladék, lég- és zajszennyezés, agglomerációs, közlekedési gondok stb. mind megoldásra váró problémák. Ehhez szorosan kötődik a *fenntartható közösség* igénye, mely olyan közösség, ahol hatékonyan tudják felhasználni az erőforrásokat és

a gazdasági eszközöket ökológiai és társadalmi innováció, a jólét biztosítása, környezetvédelem és társadalmi kohézió elérése céljából. Mindehhez *nélkülözhetetlen egy társadalmi-gazdasági paradigmaváltás*, mely megéri és elfogadja a fenntartható fejlődés gondolatosságát, s ezen túlmenően az együttműködésre alapozott gyakorlati megvalósítását sem tartja lehetetlennek.

Ehhez a témakörhöz kötődően célszerű megjegyezni, hogy a 2007–2013-as időszakra vonatkozó Kohéziós Politika keretében három új EU-s finanszírozási formát hoztak létre, melyek a következők:

– *JESSICA*⁷: a városi övezetek fenntartható befektetéseinek támogatási lehetőségeit tartalmazza, a városok megújulására és projektek kidolgozására.

– *JEREMIE*⁸: a mikro- és középvállalkozások számára próbál finanszírozási lehetőséget nyújtani. Nem csak a kis vállalkozások versenyképességének javítása a cél, hanem hogy fenntarthatóbbá váljanak.

– *JASPERS*⁹: szaktudást és forrásokat biztosít a hatóságok számára a 2007–2013-as időszakra vonatkozó új Konvergencia Célkitűzés által megcélzott régiók számára. Cél az elfogadásra beadott projektek mennyiségi, minőségi és sebességi javítása.

A GRDP európai hálózata 17 partnerből áll, amelyben Magyarország is képviselteti magát a *Debreceni Egyetem Környezetgazdálkodási és Környezetpolitikai Központ* által, illetve részben a *Regional Environmental Center for Central Eastern Europe (REC)* szervezetén keresztül, melynek központja Szentendrén található. A 20 társult partner közül a GRDP együttműködésnek

⁷ JESSICA: Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas

⁸ JEREMIE: Joint European Resources for Micro to Medium Enterprises

⁹ JASPERS: Joint Assistance in Supporting Projects in European Regions

⁶ A LEADER rövidítés a francia elnevezés kezdőbetűiből származik („Liasion Entre Actions pour le Développement de l’Economie Rurale”). Jelentése magyarul: Közösségi kezdeményezés a vidék gazdasági fejlesztése érdekében.

egy magyar résztvevője van, mégpedig az *Észak-Alföld Régió*.

A közölt szemelvényekből jól látható, hogy a területfejlesztési törekvések nem foglalkoztak „az ajtón kopogtató” klímaváltozással, de nagy hiba lenne nem *felismerni a területfejlesztési lehetőségek és a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás összehangolásának fontosságát*. Ezt azért is szükséges hangsúlyozni, mert *az EU nem kíván önálló „klímaprogramot” indítani*, hanem a meglévőkhöz integrálva keresi a megoldást.

TÖMÖREN A MAGYARORSZÁGI TERÜLETFEJLESZTÉS RŐL

Hazai vonatkozásban az *Országos Területfejlesztési Konceptió* fenntartható fejlődés értelmezése nyújt kapaszkodót a klímaváltozással kapcsolatban. A fenntartható területi rendszerekben ugyanis olyan gazdasági folyamatok zajlanak, amelyek nem veszélyeztetik a helyi természeti és épített, kulturális környezetet, nem okozzák az erőforrások kimerülését, mindemellett magas szinten lehetővé teszik a társadalom létfeltételeit. A területfejlesztési politika 2020-ig öt fő célkitűzést fogalmazott meg, melyek a harmonikus területi szerkezet és rendszer, illetve a kiegyensúlyozott területi fejlődéshez szükségesek. A középtávú célokat pedig hét pontban foglalták össze a 2013-as időszakra vonatkozóan:

1. Versenyképes budapesti metropolisz-térség megteremtése.

2. A régiókat dinamizáló fejlesztési pólusok megerősítése és a városhálózati kapcsolattudomány fejlesztése.

3. Elmaradott térségek, külső és belső periferiák felzárkóztatása.

4. Országos jelentőségű, integrált fejlesztési térségek és tématerületek.

5. Határ menti területek fejlesztése és határon átnyúló térségi együttműködések erősítése.

6. Rurális térségek területileg integrált fejlesztésének prioritásai.

7. A szakpolitikák számára megfogalmazott területi prioritások.

Valamennyi középtávú célhoz megfelelő klímaalkalmazkodást szükséges társítani, amit csak differenciáltan lehet, hiszen a problémák, következésképpen a megoldások sem lehetnek egységesek. (Lásd például Budapestet és a kis falusi településeket.) Esetünkben országos jelentőségű, de rurális térség településeiről van szó. Ezért a középtávú célok közül azokat ismertetjük részletesebben, melyek közvetlenül érintik a mintaterületet. Tisza-tavi térség településeiről lévén szó, mindenekelőtt az *országos jelentőségű, integrált fejlesztési térségek* pontja hangsúlyos. Ugyanis abban első helyen a Balaton térsége szerepel, a *másodikban pedig a Tisza-tavi térség*, harmadikként a Duna mente, az ezt követő két pontban a termálfürdőnek és a megújuló energiaforrásoknak tulajdonítanak kiemelt fontosságot.

A *Tisza-tavi térség fenntartható felzárkóztatása szerepel* a koncepcióban. A Tisza-térség esetében a Tisza mente, a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése által érintett területek, valamint a Tisza-tó üdülőkörzete jelenti a lehatárolást. Az alábbi célok elérését fogalmazták meg az OTK-ban ezzel kapcsolatban:

– A Tisza-menti térség védett természeti és kulturális örökségének megőrzése és hasznosítása.

– A Tisza-menti térség vízgazdálkodási rendszerének¹⁰ kiépítése és ennek következményeként a megfelelő tájhasználatához kapcsolódó erdészeti, mezőgazdasági tevékenység kialakítása.

– A helyi termelői, szolgáltatói együttműködések ösztönzése, jelentős kulturális, táji értékekkel rendelkező területeken a turizmus, kiemelten ökoturizmus fejlesztése.

¹⁰ Természeti árapasztó tározók és hullámterek.

– A helyi szereplők összefogásának, a partnerségek támogatása, a foglalkoztatás bővítése, a nem foglalkoztatottak munkaerőpiaci integrációjának támogatása a foglalkoztathatóságuk javításával.

– Az árvíz, belvíz és az aszály környezetkárosító hatásainak integrált kivédése, megelőzése, ártéri tájrehabilitáció.

– A Tisza turisztikai, valamint személyes teherhajtási lehetőségeinek – környezeti szempontokat integráló – megteremtése a kapcsolódó infrastruktúra háttérével együtt.

Teljesen nyilvánvaló, hogy mindezt érzékenyen érinti a klímaváltozás, különösen ha figyelembe vesszük, hogy a vizsgált térségben a jövőbeni fejlesztésekben kiemelt szerepe lehet a terület termálvízkincsének, mely szintén az országos jelentőségű fejlesztési tématerületek kategóriájába tartozik, akárcsak a megújuló erőforrások részarány-növelésének célkitűzése.

A Tisza-tavi térség kiemelt kezelését – az említetteken túlmenően – olyan problémakörök együttes megoldásának szükségessége is alátámasztja, mint például a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztésének célkitűzései; a vidékies térségek halmozódó társadalmi-gazdasági hátrányai; az árvíz, belvíz, aszály, melyek szorosan kapcsolódnak az extrém időjárási jelenségek gyakoriságának várható növekedéséhez.

A KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A FENNTARTHATÓSÁG KAPCSOLATRENDSZERE

Globális szint

„A növekedés határai harminc év múltán” című munkában a közgazdász szerzők (Donella Meadows – Jorgen Randers – Dennis Meadows, 2005) a globális klímaváltozással kapcsolatban annak környezeti, társadalmi, gazdasági és geopolitikai kockázatának csökkentésére irányuló megelőző lépések fontosságát emelik ki. Az ENSZ

Éghajlat-változási Kormányközi Testületnek (IPCC) 2001-ben napvilágot látott Harmadik Jelentésében a szakértők arra a következtetésre jutottak kutatásaik alapján, hogy a legtöbb emberre kedvezőtlenül hat majd az éghajlatváltozás, s rögzítették, hogy az éghajlatváltozás várható hatásai mind a környezeti, mind a társadalmi-gazdasági szerkezetet befolyásolják, ami ugyancsak alátámasztja a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás fenntartható település-fejlesztésbeni szerepének vizsgálatát. 2007 januárjában jelent meg az IPCC Negyedik Értékelő Jelentésének első része. A klímaváltozás vizsgálatában egyfajta holisztikus közelítés szükséges, a legkülönbözőbb összefüggések feltárása, valamint a megoldások érdekében. Rendkívül fontos az IPCC megállapítása, miszerint a globális klímaváltozás a fenntarthatóság legnagyobb veszélye! Mindemellett az IPCC harmadik értékelő jelentésében szerepel, hogy a fenntartható fejlődés megvalósítása a klímaváltozás mérséklésének előnyére is válhat.

Továbbá a klímaváltozás és a fenntartható fejlődés közötti kapcsolat *körkörös jellegű*, mivel a klímaváltozás befolyásolja a fenntartható fejlődés lehetőségeit, míg a különböző fejlődési pályák eltérően befolyásolják a klíma jövőbeli alakulását (Munasinghe, 2003). A fejlesztéspolitika szempontjából a klímaváltozás hatásaival kapcsolatos *sérülékenység és az adaptációs képesség* a legfontosabb területek, míg a klíma szempontjából a *fejlődési utak által meghatározott emissziós szintek és megelőzési stratégiák a fő befolyásoló tényezők* az említett körkörös kapcsolatban.

Az EU átlaghoz képest hazánkra jellemző a vidékies területek magas aránya, melyek érzékenysége és sérülékenysége bizonyos szempontból fokozottabb, mint más területeké. Az ENSZ speciális tudományos nemzetközi tudóscsoportjának 2007. február végén nyilvánosságra hozott jelentése szerint a klímaváltozás természeti sokszínűsége gyakorolt hatása szempontjából Magyarország Európa egyik legsérülékenyebb or-

szága (SEG¹¹, 2007). A *SEG Jelentésben* (Szembeszállítás a klímaváltozással: A kezelhetetlen elkerülése és az elkerülhetetlen kezelése) azt a ténnyt ismételtén megerősítették a kutatók, hogy abban az esetben sem lenne elkerülhető a klímaváltozás, amennyiben az emberi tevékenységhez köthető kibocsátásokat teljes mértékben megszüntetnék. Az emberiség megoldási lehetőségei alapvetően két csoportba sorolhatók, egyrészt a *mitigációs*, vagyis a megelőzést segítő törekvések, másrészt az *adaptációval*, vagyis az alkalmazkodással kapcsolatos tevékenységek körébe. Az átlaghőmérséklet becsült emelkedése számos területen végzetes következményekkel járhat, például a mező-erdőgazdaság, a halászat, az édesvíztartalékok, a fertőző betegségek által érintett területek földrajzi elhelyezkedése, az *emberi települések életminősége* nézőpontjából is. A jelentés szerint a klímaváltozás erősödő hatásai az *ENSZ Millenniumi Fejlődési Céljainak* megvalósítását is veszélyeztetik. 2000-ben nyolc 2015-ig elérendő célt határozott meg az Egyesült Nemzetek Szervelete, ezek az ún. MDGs (*Millennium Development Goals*):

- Szükséges szegénység felszámolása.
- Az általános iskolai oktatás általánossá tétele.
- A nemek közötti egyenlőség segítése, a nők lehetőségeinek javítása.
- A gyermekhalálozás visszaszorítása.
- Az anyák egészségének javítása.
- A HIV/AIDS, a malária és egyéb betegségek legyőzése.
- A környezeti fenntarthatóság biztosítása.
- Globális fejlesztési együttműködések kialakítása.

A globális átlaghőmérséklet emelkedésével nő az intenzitása és kockázata a negatív hatások bekövetkezésének. A mitigációs cél

a hőmérséklet-emelkedés 2 °C alatt tartása és a 2,5 °C fölé emelkedés megakadályozása a klímaváltozás várható hatásainak kockázatsökkentése érdekében. A változások az ökoszisztémák lokális-regionális felbomlásához vezethetnek. Három alapvető kiemelt terület sérülése okozhatja a legjelentősebb veszteségeket az élet és anyagi tulajdon tekintetében

- élelmiszerbiztonság;
- édesvíztartalékok;
- emberi egészségre és *településekre* gyakorolt hatás.

A SEG Jelentés arra is felhívja a figyelmet, hogy akár a kormányok, akár a vállalatok vagy egyének szintjén gondolkodunk, sürgős cselekvésre van szükség egy fenntarthatóbb fejlődési útra való rátaláláshoz.

„A klímaváltozás közgazdaságtana” címmel ismertté vált *Stern-jelentés* (*Stern, 2006*) egyik fő következtetése szerint a korai, határozott cselekvés várható hasznai nagyobbak, mint a költségei. Az éghajlatváltozás alapvetően befolyásolja a jövőbeni gazdasági fejlődést. A tanulmányt a mitigáció és adaptáció viszonyának tükrében vizsgálva a következő megállapításokra bukkanhatunk. *Stern* szerint a mitigációra irányuló befektetések olyan befektetések, melyeket a jelenlegi és a következő évtizedekben felmerülő megelőzött költségeknek kell tekinteni, és amik segítenek a jövőbeni következmények kockázatainak elkerülésében. Az adaptáció, alkalmazkodás pedig az egyetlen olyan, a hatásokra alkalmazható válasz, ami megoldást jelenthet az elkövetkezendő évtizedekben, mielőtt a mitigációs intézkedések meglenne a hatásuk. Ezt sok országban még nem ismerték fel. A klímaváltozás hatásaira való helyi szintű felkészülés helyi társadalmi cselekvési programja mind az adaptációt, mind a mitigációt figyelembe veszi.

Az *Európai Unió Fenntartható Fejlődési Stratégiáját 2001-ben Göteborgban* fogadták el, az első felülvizsgálata 2005-ben történt. Az *Unió Megújított Fenntartható Fej-*

¹¹ SEG: Scientific Expert Group on Climate Change

lődési Stratégiája pedig 2006. júniusa óta él. A Stratégiákat áttanulmányozva arra juthatunk, hogy a göteborgi stratégiában a négy kiemelt terület egyike az éghajlatváltozás, az a 2005. decemberi felülvizsgálatban tovább bővül, és már *Éghajlatváltozás és tiszta energia* elnevezéssel szerepel. Hangsúlyossá vált az EU megújuló energiák területén meglévő saját potenciáljainak kiaknázása és annak a környezeti hatásokon túlmenő egyéb pozitív következményeinek kiemelése, mint például az ellátási biztonság növekedése, helyi fejlesztések előtérbe kerülése vagy a minőségi foglalkoztatás kialakulásának elősegítése. A 2006-os Megújított Fenntarthatósági Stratégiában pedig már a hét kulcskihívásból az első helyen szerepel. *Átfogó célkitűzésként alapvető cél a klímaváltozásnak, illetve annak a társadalomra és környezetre vonatkozó költségeinek és negatív hatásainak a mérséklése.*

Az Európai Unió 2007. január elsejétől 27 tagállamúvá bővült. Amennyiben a nemzeti fenntarthatósági stratégia szemszögéből tekintjük végig ezeket az országokat azt tapasztalhatjuk, hogy összesen három állam nem rendelkezik elfogadott nemzeti fenntarthatósági stratégiával: Bulgária, Ciprus és Magyarország. Természetesen nem attól halad egy ország a fenntarthatóság irányába, mert létezik erről papírja, de mindenesetre a végiggondolt, közmegegyezéssel koordinált, együttműködésen alapuló fenntarthatóság felé való elmozdulást jól szolgálja egy megalapozott nemzeti stratégia.

Nemzeti szint

Nemzeti klímaváltozási stratégiák közül az ír, román, angol és dél-afrikai klímaváltozási stratégiák vizsgálatára került sor, mégpedig hazánk *Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia* tervezetével összehasonlítva.

A klímaváltozás hatásainak és válaszainak megítélésére Magyarországon 2003 és 2006 között a *Magyar Tudományos Akadémia*, valamint a *Környezetvédelmi és Vízügyi*

Minisztérium közös kutatási projektjének („VAHAVA”) keretében került sor. Jelenleg ezt hasznosítva készül a Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia országgyűlési határozatként való előkészítése, társadalmi vitája. A VAHAVA kutatás eredményei szerint a Kárpát-medencében, és ezen belül Magyarországon várhatóan fokozódik a felmelegedés, a szárazodás, megnő az időjárás anomáliák gyakorisága, intenzitása és károkozása. Tény, hogy Magyarországot eddig sem kényeztette el a klíma és az időjárás. Magyarországon gyakori az olyan esztendő, amikor aszály, belvíz, árvíz, fagykár és súlyos helyi anomáliák együttesen jelentkeznek.

Az *Ír Éghajlat-változási Stratégia* ajánlásai közül első helyen szerepelnek a pénzügyi ösztönzők, ami a magyar tervezetben talán nem kellőképpen hangsúlyos, pedig ez az *üzleti világban erőteljes motiváló tényező lehet a klímaváltozás megelőzésébe való befektetésekhez*, továbbá az emisszió-kereskedelemben betöltött szerepük sem mellőzhető. Az üzleti szféra problematikájának hangsúlyosabb beépítése a NÉS¹²-be gesztus értékű is lehet a vállalkozók felé, melynek hozzáadott értékét az jelentheti, hogy

- *egyrészt* elősegíthetné az önkéntes vállalások számának növekedését;
- *másrészt* pozitív lépést jelenthet a tudományos és az üzleti világ közelítésében, melynek szerepe fontos lehet a klímaváltozásra való felkészülés, védekezés gyakorlati megvalósításában.

Ezen túlmenően a beavatkozási területekben két olyan tényező is szerepel, mely a Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia tervezetéből hiányolható. Mégpedig a *munkahelyek és a középületek által betöltendő példamutató környezet- és klímadatos viselkedésre ösztönző szerep*. A közszektor esetében a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban betöltendő példaértékű, példamutató szerep

¹² NÉS: Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia

emelendő ki. A munkahelyek problematikája azért érdekes, mert az emberek a nap nagy részét itt töltik. Az energiatakarékosság hatékonysága nemcsak műszaki megoldás kérdése, hanem az egyes egyének, adott esetben alkalmazottak, munkavállalók hozzáállásától, *környezet- és klímadatosságától* is nagymértékben függ.

Az *Egyesült Királyságban* 2000-ben jelent meg az első klímaváltozásra vonatkozó program, melynek továbbfejlesztett változatát hat évvel később hozták nyilvánosságra. Ebben az ír példához hasonlóan fontos szerepet tulajdonítanak az üzleti és közszektor tevékenységének, de ezen túlmenően az egyéni felelősség is megjelenik. Az egyének felelőssége a folyamatok megértésében és az éghajlatváltozás várható hatásainak mérséklésében vállalt felelősségben nyilvánul meg. Kiemelten kezelik a fenntartható fogyasztás témakörét, mivel a környezeti problémák 30–40%-a a háztartásokra vezethető vissza. A politika elkötelezettsége a téma iránt *Tony Blair* volt brit miniszterelnök korábbi nyilatkozataiból és a stratégiában szereplő kezdő sorából is egyértelműen kirajzolódik, mely elhivatottság, a politikai döntéshozók támogatása nélkül egy klímaváltozási stratégiának nemhogy a gyakorlati megvalósítása, de még az országgyűlési határozatként való elfogadása is akadályoztatva van.

Romániában a 2005–2007 időtávra készült egy Klímaváltozás Akcióterv és egy Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia is, melyek az előzőekben felsoroltakhoz képest annyiban mutatnak újat, hogy *egy jól felépített cselekvési mátrix* található benne, mely a célkitűzésektől kezdve a szükséges feladatokon és intézményeken át a finansiális háttérig tartalmaz minden adatot.

A Dél-afrikai Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia (2004) különlegessége, hogy alapvető célkitűzésként a fenntartható fejlődés és klímaváltozás közötti szinergia létrehozása, elősegítése szerepel. Ez igen figyelemre méltó kezdeményezés. Az IPCC Harmadik Értékelő Jelentésének azon megállapítását helyezik a középpontba, miszerint a fenn-

tartható fejlődés céljainak megvalósítása az éghajlatváltozás mérséklésének előnyére válhat, még abban az esetben is, ha nem az volt az elsődleges indok.

Az Ile-de-France Régió területfejlesztési tanácsának egy munkamegbeszélésén, 2007 tavaszán elhangzottak alapján érdekességképpen megemlítendő, hogy a régió nemrég kidolgozásra került fejlesztési tervének bemutatására került sor, ez az ún. SDRIF¹³. Érdekessége, hogy a három fő kihívás közül a második a *városrendezésre vonatzik abban a megközelítésben, hogy az miképpen néz szembe a klímaváltozás várható hatásaival.* A megoldást egyébként a kompakt város képében látják.

Lokális szint

A települések, települési közösségek szerepelnek ugyan a különféle VAHAVA kiadványokban, anyagokban, a NÉS-ben azonban erősítésre szorul ez a témakör is. Fontos a helyi közösség megnyerése olyan megoldásokhoz, amelyek csökkentik az energiafelhasználást, a költségeket és kímélik a környezetet, sőt még az egészségügyi kiadások is mérsékelhetők. Ebből is érzékelhető, hogy jócskán vannak pozitív externális hatásai a klímaváltozásra fordítandó kiadásoknak, már ha csak arra gondolunk, hogy milyen következményekkel számolhatunk a környezetminőségben, amivel egyidejűleg a helyi lakosok életkörülményeiben is minőségi változás következik be. Nem árt ismételtetni, hogy „sok kicsi sokra megy”, vagy hogy „a kicsi is szép”. A klímaváltozás területén a mitigációs törekvésekhez köthető az ún. *klíma-iránytű program*, mely az önkormányzatok szintjén, a települések és közösségek szerepének hangsúlyozásával arra próbálja meg felhívni a figyelmet, hogy milyen beavatkozási lehetőségek léteznek. Németországban ilyen jellegű programokkal

¹³ SDRIF: Schéma Directeur d'Ile-de-France

az egy főre jutó fűtés-, áram- és vízkiadásokat jelentősen, 6–20%-kal sikerült mérsékelni, ami egyúttal a környezetgazdálkodást, a klímavédelmet és az alkalmazkodást szolgálta. (A német gyakorlatban az eredmények azt mutatják, hogy minden a programban résztvevő közösség évente kb. 10–30 euró/fő összeget ad ki fűtésre, áramra és vízre, amiből a közösségek energetikai optimalizációjának segítségével 2 euró/lakos/év megtakarítható. Ez 10 ezer lakos esetén 20 000 eurót jelent évente, minden komfortcsökkenés nélkül.) Mindezen megállapítások teljes mértékben egybevágóak a szubszidiaritást elősegítő európai uniós törekvések elképzeléseivel is.

Magyarországon a klímaváltozás és a fenntarthatóság témakörében bonyolítja a helyzetet a hazai településszerkezet, mert a több mint 3200 település között kiemelkedő a kistelepülések magas aránya, s nagyhatárú települések körében elhelyezkedő tanyák nagy száma. További sajátosággént megemlíthető, hogy Európában egyedülállónak nevezhető a széles körű kötelező feladatokkal, felelősséggel rendelkező, viszonylag elaprózott önkormányzati rendszer. Általános problémaként fogalmazható meg a kötelező önkormányzati feladatokból adódó túlterheltség és a forrásszerzés nehézsége a fakultatív feladatok ellátására. Az EU átlaghoz képest hazánkra jellemző a vidékies területek magas aránya, melyek *érzékenysége és sérülékenysége* bizonyos szempontból fokozottabb, mint más területeké.

A VIZSGÁLT TELEPÜLÉSEK ÁLTALÁNOS HELYZETE

A Heves megye déli részén és a Tisza-tó északi partján fekvő hat település polgármesterei egy *települési kérdőívet* kaptak kézhez. A hat településen kívül a *vizsgált területen aktívan tevékenykedő szakértői vélemények* felmérésére is sor került a fent említett kérdések feltételével. A kérdések alapvetően két részre bonthatók. A kérdések

egy része a 2004-es, a települések fenntarthatóságát elemző vizsgálatokhoz (*Szlávik – Csete, 2004*) képest bekövetkezett változásokat vagy éppen az állandónak tűnő problémákat igyekezett feltérképezni, azon tényezőkre koncentrálva, melyek alapvetően befolyásolják a fenntartható település modelljének gyakorlati megvalósítása felé történő elmozdulást, melyek szorosan kapcsolódnak a klímaváltozáshoz is.

A *települések fejlődését gátló legfontosabb tényezők* között a települések az alábbi problémákat, ellentmondásokat, feszültségóccokat emelték ki:

- Külső tényezők, körülmények

- a mindenkori, a települések finanszírozásával összefüggő kormánydöntések;
- a magas energiaárak;
- a települések életét befolyásoló különféle szabályozások.

- Belső tényezők, körülmények

- Pénzügyi, gazdasági körülmények*

- pénztelenség (likviditási problémák), forrásszerzés nehézségei;
- pályázati lehetőségek kihasználatlansága, önerő hiánya, még térségi összefogás esetében is;
- falusi turizmus minimális mértékű hozzájárulása a jövedelemszerzéshez;
- a munkalehetőségek hiánya, alacsony a foglalkoztatás;
- képzetlen munkaerő;
- a helyi vállalkozások alacsony száma;
- az infrastruktúra díjait nehezen tudja fizetni a lakosság.

- Társadalmi körülmények*

- egyoldalú társadalmi szerkezet;
- lakosság kiábrándultsága, enerváltsága, roma lakosság magas aránya;
- lakosság elvándorlása;
- második generációs munkanélküliség;
- ingázáshoz kötődő problémák;

- korösszetételhez kapcsolódó problémák, elöregedő települések;
- képzettebb fiatalok elvándorlása.

Mindez korlátozza, befolyásolja az alkalmazkodás lehetőségeit, konkrét megoldásait, különösen ha befektetési igényekről van szó.

Megállapítható, hogy a külső és belső tényezők között a külső tényezők azok, amelyekre nem vagy alig-alig tudnak hatni az önkormányzatok, és a belső tényezők azok, amelyet többé-kevésbé képesek valamennyire befolyásolni.

A települések egyre csökkenő támogatásokról és helyi bevételekről számolnak be. Fejlesztési elképzelésekkel bőven rendelkeznek ugyan, de alacsony pályázási hatékonyságuk sok esetben az önerő hiányával magyarázható, ami még kistérségi összefogással is nehézkesen orvosolható.

Az önkormányzat *humán erőforrásairól* alapvetően pozitívan, megelégedettséggel nyilatkoztak, problémára azonban ezen a területen is lehet számítani az értelmiségi, illetve a tanult fiatalok elvándorlása következtében.

Az önkormányzatok számára az egyik legnagyobb kihívást a *szociális feszültségek* kezelése jelenti, ami a szociális segélyek miatti pénzügyi túlterheltségben is jelentkezik. Sarudon például az eddigiekben általában a forgalomképes vagyont értékesítésével és hitelfelvételekkel próbáltak meg megoldást találni, de ez az út egy-két településen lassan már nem járható.

Két település kivételével a megkérdezettek a szakértővel egyetemben a *turizmusban látják a fejlődésük kulcsát, a kistérség kitérésre való lehetőségét*. Ezen belül Poroszló az ökoturizmus fellegvára szeretne válni (pl. „Ökocentrum” megépítése), második helyen a prioritási sorrendjükben a *munkahelyteremtés* szerepel. Sarud településének fejlesztési tervei között a helyi lehetőségekre alapozott *turizmus* szerepel, majd az *infrastruktúra* fejlesztése. Újlőrincfalván a *munkahelyteremtés* a legfontosabb célkitűzés. Ti-

szánána községe saját megállapítása szerint az elmúlt 15 év alatt többet fejlődött, mint az előtte lévő 50 évben. A dinnyésháti *üdülőtér* folyamatos fejlesztése mellett *munkahelyteremtő* beruházásokban gondolkodnak, melyek között *fenntartható erdő-mezőgazdálkodáshoz* kötődő tevékenységek is szerepelnek. *Kiskörén* a *termálvízben* rejlő lehetőségek kiaknázására törekednek a turizmus témaköréhez kötődően. Pély esetében a legfontosabb feladatnak az életkörülmények minőségének növelését, ezáltal a *lakosság megtartását* tekintik. Fontosnak tartják, hogy minden lakos számára egyező feltételeket tudjanak biztosítani. Véleményük szerint a munkahelyteremtés kulcsát az átalakulóban lévő mezőgazdaságban látják. Mindezeket túlmenően az Új Vásárhelyi Tervhez kapcsolódó *árapasztó tározókhoz* kötődő fejlesztések jelenthetnek kitérésre való pontot a települések számára. A korábbi vizsgált időszakban is a turizmus állt a fejlesztések középpontjában, ezzel kapcsolatban megjegyzendő, hogy a *Tisza-tó idegenforgalmi potenciálja ellenére sem képes láthatóan fellendíteni a térséget*, mégis ezt tekintik a legfontosabb kitérésre való lehetőségnek, nem számolva például adott esetben azzal a ténnyel, hogy a Tisza-tó medencéjében elkezdődött az eutrofizáció. Maga a tó helyzete nemcsak természeti-környezeti szempontból, de az érdekelt felek szempontjából sem egyszerű, gondoljunk csak a még több látogató odavonzásában érdekelt településekre, a természetvédelem képviselőire, a halászokra, orvhalászokra és a kisköréi vízerőmű képviselőire, a helyi lakosokat nem is említve.

A szakértői véleményekben az első helyen a *társadalmi kohézió* erősítése áll, amit a működőképes gazdaság, *foglalkoztatási* helyzet követ, harmadik helyen pedig a *táji és települési környezet* javítása szerepel. A természeti környezet értéke, az élővilág sokszínűsége, az élőhelyek gazdagsága, az élővizek bősége, a jó vízellátottság a vizsgált településekben az országos átlaghoz képest *különlegesen jó adottság*, amely az

Európai Uniót is gazdagítja, és méltán számíthat széles körű érdeklődésre. Éppen ezért az ökológiai környezet megőrzése, esetenként regenerálása, sőt gazdagítása érdekében célszerű végiggondolt, hosszabb távú programot összeállítani, melyben a saját lehetőségeik mellett az állami irányítással és támogatással is számolnak, valamint az EU források elnyerésére is tesznek erőfeszítéseket. *A különleges természeti kincs megőrzése kockázatosabbá válhat, ha a települések jelenlegi gazdasági, társadalmi környezete alapvetően nem változik meg. Ez azonban program és források nélkül nem valósítható meg.*

A roma lakosságot többszörösen sújtja a munkanélküliség, a megfelelő képzettség hiánya, a szegénység, a hagyományok stb. S miután a fenntarthatóság a gondolkodási módtól az életvitelen, a természeti erőforrások védelmén át az életnívó emelkedésig terjedő láncolat, érthető, hogy a roma lakosság nélkül ez nem valósítható meg. *Nem túlzás azt mondani, hogy a romakérdés megoldása a vizsgált településeken a fenntarthatóság felé haladás egyik legnehezebb feladata.* A helyi kezdeményezések megvalósulása csak akkor remélhető, ha ennek sikerül megnyerni a kisebbségi önkormányzatot és a helyi cigány tekintélyeket. Továbbá szükséges lehet egy „tanácsadó művezető” alkalmazása is, aki szakértelem mellett kapcsolatteremtő képességgel, a gyakorlat egyszerű fogásainak ismeretével is rendelkezik. Már az óvodákban szükséges megkezdeni, majd az iskolákban folytatni azt a nevelő munkát, ami a beilleszkedést, a világhoz való felzárkózást segíti. A dolgozatnak nem feladata ugyan a romakérdés térségi problémáinak feltérképezése és megoldási javaslatok kidolgozása, de a vizsgálatok, a településeken tapasztaltak egyértelműen azt mutatták, hogy a roma probléma megoldása nélkül nem érvényesülhet a fenntarthatóság, sőt tovább tart a lakosság elvándorlása, csökken a települések eltartó képessége, s kérdésessé válik a fenntarthatóság természeti, társadalmi és gazdasági feltételeinek megőrzése.

A KLÍMAVÁLTOZÁSHOZ VALÓ ALKALMAZKODÁS MEGÍTÉLÉSE A VIZSGÁLT TELEPÜLÉSEKEN

A kérdőív második része a klímaváltozással foglalkozik, a fenntartható településfejlesztés új dimenziójával és a jelen kor egyik legnagyobb kihívásának helyi szintű alkalmazkodási lehetőségeinek kérdéskörével.

Az elmúlt években a településeken a belvíz, árvíz, szélviharok, fagykárok, hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadékok és aszályok okoztak jelentősebb károkat. Mindenki a saját bőrén tapasztalta az időjárási jelenségek hatásait és az azzal kapcsolatos károkat. Újlőrincfalván például úgy gondolják, hogy már megfelelő gyakorlatot szereztek ezen a területen.

Érzékeny, sérülékeny területként a vizsgált települések a következőket nevezték meg. A válaszok mintegy 35%-a a természeti környezetet találta a legsérülékenyebbnek, ezt követi 25%-kal a gazdaság kitettsége. Ezen kívül 8%–8%-os aránnyal szerepelt a természeti értékek kategória, maga a lakosság, az egészségügyi helyzet, s az egész település.

A felmérés eredményei is aláhúzzák a tájékoztatás fontosságát a potenciális klímaváltozás hatásaival kapcsolatban, hiszen azok mindent és mindenkit érintenek az adott településen, s igen indokolt a helyi lakosok környezettudatosságának kialakítása mellett a klímatudatosságuk formálása is.

A válaszok azt is tükrözik, hogy a helyi felkészülésben, megelőzésben és a károk helyreállításában fontos szerepet játszanak az önkormányzatok, ezt ők maguk is így gondolják. Emellett a szakmai irányításban a katasztrófavédelem és polgári védelem szerepének szükségességét is hangsúlyozták. Tiszanánán például igen határozott vélemény alakult ki a klímaváltozás hatásainak mérséklése érdekében teendő felkészüléssel kapcsolatban. Véleményük szerint ehhez az önkormányzat részére egy olyan előterjesztést kell készíteni, melynek már az előkészítési fázisába be kellene vonni a helyi lakos-

ságot, amelynek cselekvő részvétele nélkülözhetetlen.

A válaszadók alapvetően úgy gondolják, hogy elsősorban *települési feladat*, hogy ott *mindenki tudja, adott esetben mit, mivel, hogyan, kivel együttműködve kell cselekedni!* A katasztrófavédelemmel kapcsolatban úgy gondolják, hogy megfelelő felszereltséggel való ellátás jelentené a megoldást és a jó együttműködés alapját.

A klímaváltozásra való *felkészülés* legfontosabb területeinek települési szinten a következőket tartják

- mezőgazdasági területek teljes körű öntözése feltételeinek megteremtése;
- árvízvédelem a vízügyi hatóságokkal közösen;
- belvízelvezető árkok, szikkasztók kiépítése, létesítése;
- megfelelő cselekvési terv készítése;
- tájékoztató jellegű előadásorozat a laikus részére;
- technikai eszközök beszerzése;
- környezeti nevelés, környezettudatosság.

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAIRA VALÓ FELKÉSZÜLÉS HELYI TÁRSADALMI CSELEKVÉSI PROGRAMJA

Mind a fenntarthatóság, mind a klímaváltozás vizsgálatában egyfajta holisztikus közelítés szükséges, a legkülönbözőbb összefüggések feltárása, valamint a megoldások érdekében. Ahogyan azt már korábban is hangsúlyoztuk, rendkívül fontos az IPCC megállapítása, miszerint a globális klímaváltozás a fenntarthatóság legnagyobb veszélye! Mindemellert az IPCC Harmadik Értékelő Jelentésében szerepel, hogy a fenntartható fejlődés megvalósítása a klímaváltozás mérséklésének előnyére is válhat.

„A klímaváltozás közgazdaságtana” címmel ismertté vált Stern-jelentés egyik fő következtetése szerint a korai, határozott

cselekvés várható hasznai nagyobbak, mint a költségei (Stern, 2006). Az éghajlatváltozás alapvetően befolyásolja a jövőbeni gazdasági fejlődést. A tanulmányt a mitigáció és adaptáció viszonyának tükrében vizsgálva a következő megállapításokra bukkanhatunk. Stern szerint a mitigációra irányuló befektetések olyan befektetések, amiket a jelenlegi és a következő évtizedekben felmerülő megelőlegezett költségeknek kell tekinteni, amely segít a jövőbeni következmények kockázatainak elkerülésében. Az adaptáció, alkalmazkodás pedig az egyetlen olyan, a hatásokra alkalmazható válasz, ami megoldást jelenthet az elkövetkezendő évtizedekben, mielőtt a mitigációs intézkedéseknek meglenne a hatásuk. Ezt sok országban nem ismerik fel. Célravezető, ha nem arról vitatkoznak, hogy melyik fontosabb. A VAHAVA projekt is ezt az álláspontot követte, és gyakorlati javaslatokra jutott.

A helyi fenntarthatóság megvalósításához fontos tudatosítani azt a tényt, hogy az *adaptációnak legtöbb esetben lesznek helyi hasznai is, melyek nem igényelnek hosszú kifutási időt, vagy olyanok, amelyek másokkal összekapcsolva már úgymint megoldásra várnak* (lásd például árokrendszerek, víz el- és visszavezetők rendben tartása, autonóm fűtési rendszerek felkarolása, a bioetanol, biodízel helyi előállítás stb.).

A valószínűsíthető klímaváltozás bonyolítja a fenntarthatóság megvalósítását a várható hatásokra való felkészülés (zömében humán feltételek), a megelőzés (zöldfelületek növelése, intézkedések anyagok, gyógyszerek tartalékolására stb.), a kárenyhítés (az esemény bekövetkezésekor teendők), a helyreállítás (anyag-műszaki, intézményi stb. feltételek) tekintetében. Ezt szemlélteti az 1. ábra, amely azt hivatott bemutatni, hogy a potenciális klímaváltozás mi mindenre hat. Tulajdonképpen a fenntartható település minden dimenziójára, s ezáltal alapvetően befolyásolhatja a települési életkörülményeket, a jövedelmeket, az egészségügyi helyzetet stb., ami az élhető település alapjait jelenti. Az alkalmazkodási stratégia lényege,

hogy a felmerülő kockázatokat megelőzni, illetve bekövetkezésükkor csökkenteni lehessen, hogy mindenki tudja mi a feladat, s a szükséges anyagi-műszaki feltételek rendelkezésre álljanak.

A vizsgálatok egyik célja, hogy a klímaváltozás fenntarthatóságot veszélyeztető hatásaira helyi szinten, a településen élők érdekében rávilágítson a cselekvő felkészülés, megelőzés, a károk mérséklésére irányuló potenciális megoldási lehetőségekre, számítva arra, hogy a lokális szinten élők érdekei a helyileg kezelhető időjárási anomáliák gyakorisága, a kölcsönhatások és összefüggések kézzelfogható jelenségei alapján könnyebben megérthető, mint regionális vagy globális szinten. A helyi szintű klímavédelmi intézkedésekkel járó esetleges költségsökkentés (például az energiahatékonyságban rejlő lehetőségek kiaknázása által) további ösztönzést jelenthet a helyi szintű szereplők cselekvésre bírásában. Ha a helyi megoldások általánossá válnak, akkor kedvezően befolyásolhatják a légkörvédelmet, a fenntarthatósági törekvéseket, és az alulról induló kezdeményezések minden bizonnyal hatnak a döntéshozókra is.

Amennyiben a klímaváltozás hatására az élhető település feltételrendszere sérül, akkor annak szerves következménye a települési életkörülmények, jövedelmek, a népességmegtartó képesség, a foglalkoztatottság, egyáltalán a vidéki térben való megmaradás esélyének romlása, a kultúrtáj pusztulása. Erre adhat választ az ún. alkalmazkodási stratégia, mintegy megelőző, védekező tevékenység, mely számos stratégiai területet is magában foglal, illetve más területekre is hat. Például a településeken élő lakosság használja fel az energia 40%-át, és innen kerül ki a világ CO₂ kibocsátásának 31%-a (ebből a lakóépületek 21%) (Láng – Csete L. – Jolánkai, 2006). Vagyis ez esetben szervesen kapcsolódik a témához az energiatakarékosság és energiahatékonyság kérdésköre. Az alkalmazkodás és légkörvédelem sok esetben és sok helyütt összekapcsolódik, egymást erősíti (pl. alternatív energiák,

zöldfelületek, termőtalaj-mozgatás mérséklése stb.).

A helyi fenntarthatóság középpontjába alapvetően az élhetőséget, az élhető települést helyezhetjük. Amennyiben Kortén (1998) életminőségre vonatkozó klasszikus modelljét olyan szempontból vizsgáljuk, hogy mely értékösszevetőkre hathat a klímaváltozás, akkor a 2. ábrában összefoglalhatjuk juthatunk.

Az életminőség, élhetőség megőrzése érdekében célszerű megfelelő ösztönző eszközöket alkalmazni. Az egyik legkézenfekvőbb megoldásnak azok tűnnek, amelyek költség-hatékonyak, gazdaságosak, s ezen kívül kímélik a környezetet és további pozitív externáliaként az életkörülmények, helyi lakosok egészségügyi állapotának (pl. javuló levegőminőség) javulásához is hozzájárulnak, s munkalehetőséget teremtenek a helyi szakembereknek, mellyel élénkítik a helyi gazdaság működését. Kiváló példa lehet erre a közösségek energetikai optimalizációja.

*A helyi közösségek klímastratégiája meg-
alapozásának elengedhetetlen feltétele az
igények és elvárások feltérképezése, a koncepció kialakításához. Természetesen ehhez a helyi érintettek bevonása, szerves részvétel nélkülözhetetlen. Következő lépés a település eszköztárának kialakítása lehet, amely alapvetően a helyzetelemzés eredményeire támaszkodik. A jobb, hatékonyabb koordináció gördülékenyebb teheti a megvalósítás folyamatát, melyben fontos szerep hárul az intézményi háttérre, ezen belül a kistérségi vagy települési felelősre. A fenntarthatóság és helyi klímavédelem fontosságának tudatosítása az ott élők fejében sok esetben a megfelelő kommunikációtól is függ. Negyedik lépésben a helyi klímaprogram sarokpontjainak, rövid és hosszú távú céljainak meghatározása történhet. A helyi program megfelelő monitoringjához utolsó lépésként szükség lehet egy adatgyűjtési rendszer, valamint a megfelelő indikátorok kialakítására.*

A nemzeti klímastratégia országos szintű elképzelés, fontos azonban annak felismerés-

se és tisztán látása, hogy az országos szintű döntések is mindig a helyszínen valósulnak meg, ahol hatnak az időjárási jelenségek. Ezért települések szintjén a helyi programok megvitatása, begyakorlása szükséges, hogy mindenki tudja, hogy egy adott időjárási jelenség bekövetkezésekor mit, mivel, hogyan, kikkel együttműködve szükséges cselekednie a pánik elkerülése, a település, a háztartások, a családok megmaradása érdekében. Ez esetben igaz, hogy az időben felkészülő, megelőző lépéseket, befektetéseket, intézkedéseket tevők származékos előnyhöz, haszonhoz juthatnak, melynek előnye a fenntarthatóság. Ha ezt elmulasztják, akkor a katasztrófa fenyegető rémének bekövetkezése valószínűsíthető.

EREDMÉNYEK

Az eddigi elemzések, vizsgálatok alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a helyi fenntarthatóság és a klímaváltozás összefüggésében fontos a helyi alkalmazkodás, ami a légkör védelméhez is hozzájárul.

A fenntartható település újabb és legnagyobb kockázata a klímaváltozás, így a klíma dimenzió figyelembe vétele nélkül az nem valósulhat meg!

Magyarországon a helyi szintű törekvések egyik sarkalatos pontja a meglévő finanszírozás, ezért a helyi fenntarthatóság irányába történő elmozdulás egyik feltétele a klímaváltozáshoz való költséghatékony alkalmazkodás hangsúlyozása, vagyis az, hogy a helyi intézkedések gazdaságilag is hasznosak és az élhetőséget, a megmaradást szolgálják. A helyi fenntarthatósági törekvések és a lokális klímaváltozási stratégiák kölcsönhatásai és összhangja egyúttal már a közeljövőben a hosszú távú megoldás megkezdését alapozza.

A vizsgált térségben teljes mértékben elfogadott az önkormányzatok szerepének fontossága, a helyi közösség felelőssége a

klímaváltozás várható hatásaira való felkészülésben, a megelőzésben, az eseményekre való reagálásban és a kárelhárításban.

A tanulmány megkísérelte lehatárolni a klímaváltozás helyét és szerepét a fenntartható településfejlesztésben, melyeket az empirikus vizsgálatok is indokoltnak tartanak.

Megfogalmaztunk egy ajánlást a Tiszavai térségben *a helyi társadalom klíma- és időjárás-változásra való felkészülés országosan alkalmazható fenntarthatósági cselekvési minta modelljének kidolgozására*. Ennek fő pontjaiban a települési válaszok állnak, melyek elsődleges igényfelmérése a dolgozat keretein belül kis mintán megtörtént, a modell főbb pontjai a következők:

1. A helyi *felkészülés* lehetőségeinek feltárása.
2. A helyi *megelőzés* lépéseinek meghatározása és begyakorlása.
3. A klíma- és időjárás-változás bekövetkezett eseményeire való *reagálás* kidolgozottak és begyakorlottak alapján.
4. A károk *helyreállítására* való felkészülés eszközeinek számba vétele az érintettek bevonásával, különös tekintettel a fiatalabb generációkra.

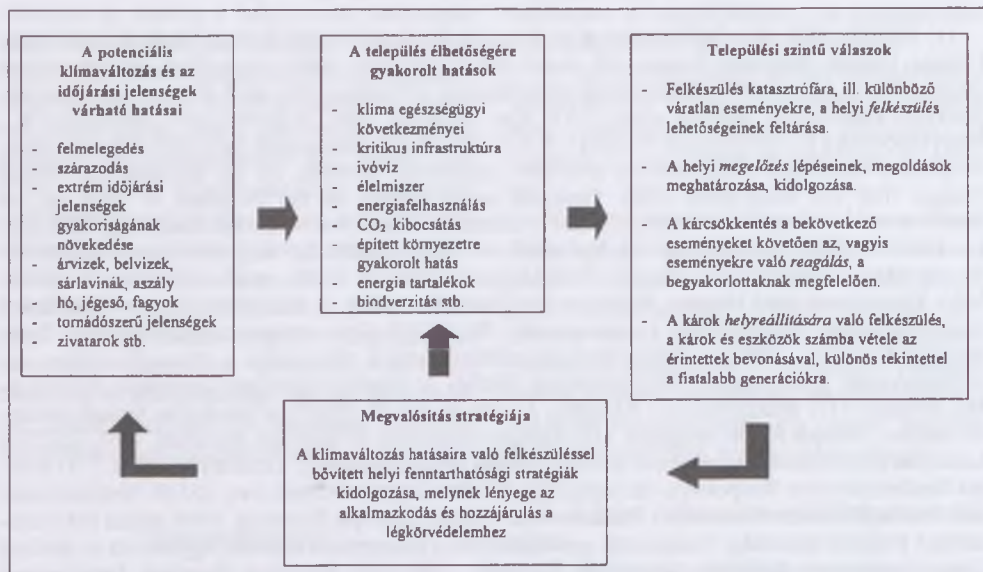
A modell a helyi érintettek számára egyértelművé teszi, hogy a potenciális klímaváltozás mi mindenre is hat egy településen, ami elősegíti a megértést és a gyakorlati megvalósítást. Az adaptált modell helyi szinten *begyakorolható*, a váratlanságból, meglepetésből adódó pánik elkerülése érdekében!

A fenntarthatóság irányába való elmozdulás és a klímaváltozás várható hatásaihoz való alkalmazkodás megvalósíthatósága alapvetően a helyi közösségtől függ, társadalmi együttműködésén alapul, melynek egyik legnagyobb veszélye – a vizsgált hat település esetében – a romakérdés megoldatlansága.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) 97/2005. (XII. 25.) OGY határozat az Országos Területfejlesztési Koncepcióról. (2) A National Climate Change Response Strategy for South Africa, Pretoria, 2004 (3) A Tisza és vízrendszere (Szerk.: Teplán István) MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, 2003 (4) A Tisza-tó térség területfejlesztési koncepciója. Tervezői anyag. VÁTI Kht., Budapest, 2004 (5) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – MATTYASOVSKYI I. – SCHLANGER V. (2004): A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére. „AGRO-21” Füzetek, 33. sz. Budapest (6) Climate Change. The UK Programme 2006. Presented to Parliament by the Secretary of State for the Environment, Food and Rural Affairs. 2006 (7) Climate compass (www.climatealliance.org) (8) CSETE L. – LÁNG I. (2005): A fenntartható agrárgazdaság és vidékfejlesztés. In: Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián II. Az agrárium helyzete és jövője. MTA Társadalomkutató központ, Budapest (9) CSETE M. (2004): A fenntarthatóság érvényesítése a településfejlettség értékelésében. Diplomamunka. BME GTK Környezetgazdaságtan Tanszék, Budapest (10) CSETE M. (2007): A fenntartható településfejlesztés új dimenziója: a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás. Szakdolgozat. BME–Sorbonne Terület- és településfejlesztési szakirányú továbbképzés. Budapest (11) MEADOWS, D. – RANDERS, J. – MEADOWS, D. (2005): A növekedés határai harminc év múltán. Kossuth Kiadó, Budapest (12) Európai Gazdasági és Szociális Bizottság – EU GSZT-k: Luxemburgi nyilatkozat a lisszaboni stratégia féldícs felülvizsgálatáról, Luxemburg, 2004. (13) Európai Területfejlesztési Perspektíva. (European Spatial Development Perspective, ESDP) Területtervezésért Felelős Miniszterek Informális Tanácskozása, Potsdam, Európai Bizottság, 1999. május (14) Fenntartható Fejlődés Bizottság, Nemzetközi együttműködés a fenntartható fejlődés jegyében és az Európai Unió Fenntartható Fejlődési Stratégiája, Budapest, 2002 (15) Greening Regional Development Programmes (GRDP) Beyond compliance: how regions can help build a sustainable Europe. La Rioja, 2007 (<http://www.environment-agency.gov.uk/grdp/>) (16) ILLÉS I. (2006): Regionális politika és területfejlesztés. Előadás jegyzet. BME – Sorbonne Terület- és településfejlesztési szakirányú továbbképzés. BME, Budapest (17) Kisköre, Pély, Poroszló, Sarud, Tiszanána, Újlőrincfalva települési környezetvédelmi programja (Egyeztetési anyag) Hazai Térségfejlesztő Rt., Budapest, 2002 (18) Kormányközi Éghajlat-változási Testület, IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, Harmadik (2001) és Negyedik Értékelő Jelentés (2007) (<http://www.ipcc.ch/>) (19) KORTEN, D.C. (1998): The ecology of money – life after capitalism. Bristol (UK) Schumacher Lectures October (20) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szakutadás Kiadó Ház, Budapest (21) MUNASINGHE, M. (2003): Climate Change and Sustainable Development Linkages: Points of Departure from the IPCC TAR (22) National Climate Change Strategy, Ireland, The Plan Guide. 2000 (<http://www.environ.ie/climatechange.html>) (23) National Strategy on Climate Change of Romania (2005–7), Romanian Ministry of Environment and Water Management, 2005 (24) Nemzetközi együttműködés a fenntartható fejlődés jegyében és az Európai Unió Fenntartható Fejlődési Stratégiája, Fenntartható Fejlődés Bizottság, Budapest, 2002 (25) Regionális Területtervezésért Felelős Miniszterek Európai Konferenciája (CEMAT): Az európai kontinens fenntartható területfejlesztési irányelvei. (12. értekezlet) Hannover, 2000, szeptember 7–8. (http://www.coe.int/t/e/cultural_co-operation/environment/cemat/gpssdec/pples_hungary_EN.pdf) (26) Review of the EU Sustainable Development Strategy (EU SDS) – Renewed Strategy, Brüsszel, 2006. június 9. (27) RUZSÁNYI T. (2005): A klímaváltozás veszélyeinek csökkentése fenntartható településszerkezettel. „AGRO-21” Füzetek, 44. sz., Budapest (28) Scientific Expert Group on Climate Change (SEG), 2007.: Confronting Climate Change: Avoiding the Unavoidable and Managing the Unavoidable. [Rosina M. Bierbaum, John P. Holdren, Michael C. McCracken, Richard H. Moss, and Peter H. Raven (eds.)] Report prepared for United Nations Commission on Sustainable Development. Sigma Xi, Research Triangle Park, NC, and the United Nations Foundation, Washington, DC. 144 p. (29) Stern Review: The Economics of Climate Change, 2006. (http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm) (30) SZLÁVIK J. – CSETE M. (2004): A fenntarthatóság érvényre juttatása és mérhetősége települési – kisregionális szinten. Gazdálkodás, XLVIII. évf. 4. sz. (31) SZLÁVIK L. (2005): Vízgazdálkodás c. előadásvázlat. BME–Sorbonne Terület- és településfejlesztési szakirányú továbbképzés. Budapest

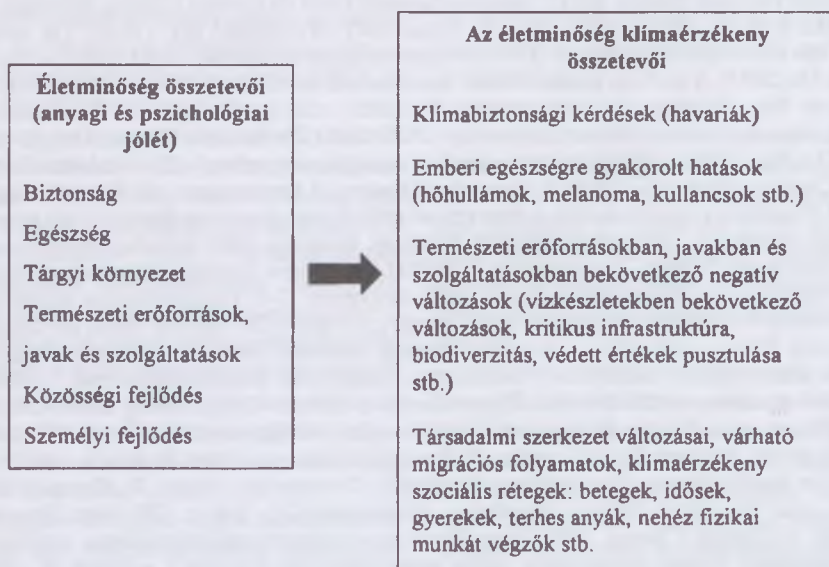
1. ábra



A klímaváltozás hatásainak megjelenése a fenntartható településfejlesztésben

Forrás: saját szerkesztés

2. ábra



Az életminőség a klímaváltozás hatásainak szempontjából

Forrás: saját szerkesztés

A KÖRNYEZET – KOCKÁZAT – TÁRSADALOM (KLIMAKKT) KLÍMAKUTATÁS ADATBÁZIS-KEZELŐ RENDSZEREI

SZENTELEKI KÁROLY

Kulcsszavak: klímakutatás, információs rendszer, döntéstámogatás, kockázatelemzés

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A KKT adatbázis és a hozzá kapcsolódó lekérdező programrendszer kiépítésének alapvető célja a Budapesti Corvinus Egyetem Matematika és Informatika Tanszékén folyó – a klímaváltozás kockázati, gazdasági és társadalmi hatásaira irányuló – kutatások adatbázisainak összegyűjtése, az elméleti vizsgálatok alapjainak megteremtése és támogatása. A közös adatbázis mentesíti a kutatócsoport egyes tagjait attól a feladattól, hogy a szerteágazó adatforrásokat külön-külön felderítsék, leválogassák és kidolgozzák az alkalmanként korántsem egyszerű konverziós eljárásokat. Az adatbázishoz kapcsolódó programrendszer biztosítja a teljes központi adatbázis áttekintését, az adatszűrés és leválogatás tetszőleges szempontok szerinti végrehajtását, illetve nagy futásidőt igénylő – vagy szokványos statisztikai eszközökkel el nem végezhető, ezért speciális programok írását feltételező – elemzések elvégzését.

A KKT PROGRAMRENDSZER TELEPÍTÉSE ÉS HASZNÁLATA

A KKT programrendszere és a hozzá kapcsolódó adatbázis a *BCE Matematika és Informatika Tanszékének* szerverén került elhelyezésre, melyet az egyetem belső hálózatán a megfelelő jogosultsággal rendelkező oktatók és kutatók érhetnek el. A kutatók a programrendszert és a háttér adatbázist DVD lemezek segítségével a saját számítógépükre is átvihetik, de a program működtetéséhez egy telepítő eljárást is le kell futtatni. A KKT programrendszer Windows XP környezetben való használatához a fejlesztők biztosítják a telepítő programcsomagot, melyet a szokásos setup.exe program elindításával végezhetnek el.

A KKT programrendszer a BCE Matematika és Informatika Tanszéke szerverén a képen látható ikon felhasználásával, vagy a

megfelelő mappába belépve a KKT.EXE program aktivizálásával indítható el. Ugyanilyen kényelmes indítási feltételt mindenki létrehozhat a telepítés után a saját számítógépén is.



Az indítás után az 1. ábrán mellékelt bejelentkező képernyővel találkozunk. Az indításkor minden felhasználónak meg kell adni a legalább egy karakterből álló azonosítót, ami azonban nem a szokásos belépési feltétel (hiszen az adatbázis elérése már eleve csak a megfelelő jogosultsággal rendelkező kutatók számára biztosított). Az azonosítók használata itt a kutatókhoz rendelt gyűjtő adatkonténerek létrehozását, illetve a későbbiek során azok ismételt megnyitását biztosítja, melyekbe a program

használata során keletkezett kutatási eredményeiket (adatszűrések, indikátorok, speciális lekérdezések eredményei) tárolhatják. A kutató által választott konténernev egy Access adatbázis létrehozását eredményezi. A kutatási eredmények ezen adatbázison belül különböző táblázatokba kerülnek. A táblázatok tartalmát a későbbiek során minden gond nélkül exportálhatjuk Excel vagy Text (stb.) típusú adatállományokba, melyek a további igényes – meghatározott adatállománystruktúrát feltételező – vizsgálatok előtt is megnyitják a lehetőséget.

A KKT menürendszere

A KKT programokat a felhasznált adat-táblák szerkezete, illetve a lekérdezés típusa alapján a 2. ábrán látható menürendszer szerint csoportosítottuk (4).

A napi indikátorok menüpont alatt a napi hőmérsékleti adatokból következtethető változások leszűrését, vizsgálatát biztosítja a programrendszer. A nemzetközi szakirodalom a klímaváltozásokra vonatkozó következtetésekhez huszonhat hivatalos indikátort vezetett be.

A klimatikus profil-indikátorok menürendszere nem a szokásos meteorológiai paraméter-vizsgálatokat biztosítja, hanem a meteorológiai jelenségek adott növények fejlődése vagy rovarpopuláció-dinamika szempontjából kedvező vagy kedvezőtlen klimatikus karakterisztikáit térképezi fel.

Hosszú idősorok elsősorban az átlagos havi (tényleges és scenárió idősorok) adatok elemzését teszik lehetővé. Az adatsorok elemzése túlmutat Magyarország határain, és biztosítja az európai összehasonlítások lehetőségét.

A növények menürendszer a búza, a kukorica, az árpa és a szőlő termőterület- és termésátlag-változásait biztosítja az idő, illetve az időjárás függvényében, mely adatokat a *KSH Mezőgazdasági Főosztálya* bocsátott a rendelkezésünkre. A szőlő esetében a nemzetközi szakirodalomban haszná-

latos – speciálisan kialakított – indikátorok vizsgálatára is sort keríthetünk.

A rovarok menüpont alatt a magyarországi rovarcsapdák eredményeit és lekérdezését biztosító programok találhatóak meg. A folyamatos mérések eredményei a hatvanas évek elejétől váltak rendszeressé.

A rendszerműveletek menüpont alatt néhány adatkonverziós eljárást gyűjtöttünk össze, melyeket a központi adatbázis végső kialakításához (scenáriók, növényi adatsorok) használtunk fel, illetve az adatbázisok esetenkénti tömörítését, archiválását is lehetővé teszik.

A napi indikátorokhoz tartozó menüsor programjait a 3. ábrán adjuk közre. A napi adatok vizsgálatát végző programok az alábbi karakteresen különböző lehetőségeket biztosítják a kutatócsoport számára

- napi adatsorok szűrése;
- a hivatalos indikátorok (26 db) számítása;
- speciális (RAS) tenyészidő-számítás;
- eloszlási karakterisztikák;
- hőhullámok gyakorisága és intenzitása.

Nagyon fontos annak az adatvagyonnak az áttekintése, amely rendelkezésre áll az alábbiakban részletesen ismertetésre kerülő programok futtatásához:

Debrecenben Látókép meteorológiai állomás adatai (1984–2004)

Debrecen base (1960–1990 tényadatok szimulációs futásokhoz)

Debrecen GF 25-34 (2025–2034-re vonatkozó szimulációs adatsorok)

Debrecen GF 55-64 (2055–2064-re vonatkozó szimulációs adatsorok)

Debrecen UKHI (31 évi szimulációs adatsorok)

Debrecen UKLO (31 évi szimulációs adatsorok)

Debrecen UKTR 31 (31 évi szimulációs adatsorok)

Győr base (1960–1990 tényadatok szimulációs adatsorok)

Győr GF 25-34 (2025–2034-re vonatkozó szimulációs adatsorok)

Győr GF 55-64 (2055–2064-re vonatkozó szimulációs adatsorok)

Győr UKHI (31 évi szimulációs adatsorok)

Győr UKLO (31 évi szimulációs adatsorok)

Győr UKTR 31 (31 évi szimulációs adatsorok)

Budapest (1901–2000) tényadatok

Debrecen (1901–2000) tényadatok

Tíz városra vonatkozó szimulációs adatsorok:

Budapest (2070–2100 Headly Center A2, Headly Center B2, Max Planck Ins. A2 modellek, 31 év szimulációs futtatás eredménye)

Debrecen (2070–2100 Headly Center A2, Headly Center B2, Max Planck Ins. A2 modellek, 31 év szimulációs futtatás eredménye)

Kalocsa (2070–2100 Headly Center A2, Headly Center B2, Max Planck Ins. A2 modellek, 31 év szimulációs futtatás eredménye)

Miskolc (2070–2100 Headly Center A2, Headly Center B2, Max Planck Ins. A2 modellek, 31 év szimulációs futtatás eredménye)

Mosonmagyaróvár (2070–2100 Headly Center A2, Headly Center B2, Max Planck Ins. A2 modellek)

Pécs (2070–2100 Headly Center A2, Headly Center B2, Max Planck Ins. A2 modellek, 31 év szimulációs futtatás eredménye)

Siófok (2070–2100 Headly Center A2, Headly Center B2, Max Planck Ins. A2 modellek, 31 év szimulációs futtatás eredménye)

Szeged (2070–2100 Headly Center A2, Headly Center B2, Max Planck Ins. A2 modellek, 31 év szimulációs futtatás eredménye)

Szolnok (2070–2100 Headly Center A2, Headly Center B2, Max Planck Ins. A2 modellek, 31 év szimulációs futtatás eredménye)

Zalaegerszeg (2070–2100 Headly Center A2, Headly Center B2, Max Planck Ins. A2 modellek, 31 év szimulációs futtatás eredménye)

Megyei reprezentáns mérőállomások eredményei:

Baranya megye (1951–2007)

Bács-Kiskun megye (1951–2007)

Békés megye (1951–2007)

Borsod-Abaúj-Zemplén megye (1951–2007)

Csongrád megye (1951–2007)

Fejér megye (1951–2007)

Győr-Moson-Sopron megye (1951–2007)

Hajdú-Bihar megye (1951–2007)

Heves megye (1951–2007)

Jász-Nagykun-Szolnok megye (1951–2007)

Komárom-Esztergom megye (1951–2007)

Nógrád megye (1951–2007)

Pest megye (1951–2007)

Somogy megye (1951–2007)

Szabolcs-Szatmár-Bereg megye (1951–2007)

Tolna megye (1951–2007)

Vas megye (1951–2007)

Veszprém megye (1951–2007)

Zala megye (1951–2007)

A napi adatsorok szűrése

A napi adatsorokat bármelyik kiválasztott meteorológiai paraméter mentén kiszűrhetjük (sugárzás, minimum-, átlag- és maximum-hőmérséklet, csapadék), de kialakíthatjuk az egyes paraméterekre vonatkozó től-ig határok tetszőleges kombinációját is az adatok szimultán leválogatása érdekében. A 4. ábrán egy szimultán leválogatás eredményeit adjuk közre, ahol az elmúlt század azon budapesti adatait láthatjuk, ahol a napi sugárzás legalább 10 egység, és a napi középhőmérséklet meghaladja a 30 °C-ot. Érdekességként megemlítjük, hogy a kapott 12 extrém értékből 5 az utolsó évtizedben jelentkezett.

A *Képernyő nyomtatása* funkció révén – amelyet önálló parancsgomb biztosít – mind a szűrési feltételeket, mind a leválogatás eredménytáblájának a képen megjelenő részét nyomtatott formában is megkaphatjuk. Amennyiben a leválogatás eredménye túlmutat a látható területen, akkor az *Eredménylista nyomtatása* parancsgomb segítségével a teljes listát a nyomtatóra küldhetjük. Az 5. ábra szerint a meggondolatlan nyomtatások elindítása és a nagytömegű papírfelhasználás elkerülése érdekében minden nyomtatás előtt megkérdezi a számítógép, hogy tényleg ki akarjuk-e nyomtatni az esetenként több ezer adatsorból álló eredménylistát.

Ha a kapott eredményeket további (pl. hasonlósági) vizsgálatoknak kívánjuk alávetni, abban az esetben az *Eredménylista tárolása* parancsgombot szükséges aktivizálni, és a lista egy Access adattáblázatba kerül, a felhasználó által kialakított konténer adatbázison belül. A felhasználónak megvan a lehetősége, hogy minden egyes eredménytáblának önálló nevet adjon (6. ábra), és a sikeres archiválásról azonnal értesítést küld a számítógép.

Napi meteorológiai statisztikák

A napi meteorológiai statisztikák menüpont biztosítja számunkra, hogy a korábban megismert meteorológiai paraméterekre felállított szűrőfeltételeknek megfelelő napok számát összeszámoljuk. Lehetőség van csupán egyetlen meteorológiai tényező vizsgálatára, de ugyanúgy végezhetünk szimultán vizsgálatokat is, mint ahogy azt az előző menüpontban megismertük. A 7. ábra táblázatában azon debreceni adatsort adjuk közre, melyben a napi maximum-hőmérséklet meghaladja a 25 °C-ot.

A menüpont egyben négy (különböző meteorológiai paraméterre vonatkozó) hivatalos indikátor (FD, SU, ID, TR) kiszámítását is biztosítja:

FD (1) Number of frost days:
napi minimum-hőmérséklet < 0 °C

SU (2) Number of summer days:
napi maximum-hőmérséklet >25 °C
ID (3) Number of icing days:
napi maximum-hőmérséklet < 0 °C
TR (4) Number of tropical days:
napi minimum-hőmérséklet > 20 °C

A peremfeltételek kombinált szabályozása további, finomabb lekérdezéseket is biztosít, például a kombinált szűrőfeltételekbe a csapadékviszonyok vizsgálatát is beépíthetjük.

A GSL és RAS tenyészidő-számítás

A hasznos hőegyenérték adott referencia-hőmérséklet feletti átlaghőmérsékletekből, a napi átlaghőmérséklet és a referencia-hőmérséklet különbsége alapján számítható. Ha az átlaghőmérséklet adott napon az előírt, adott hőmérséklet felett van, akkor naponként számított hasznos hőegyenértékek akumulálódnak, így a különböző növények számára meghatározhatjuk a tenyészidő hosszúságát. Az ilyen típusú számítások mind a tényadatok, mind a korábbi évek átlagából számított időszakok, mind a tudományos műhelyek által kidolgozott scenáriók esetében elvégezhetők.

A program indításához meg kell adni az adott növényre jellemző referencia közép-hőmérsékletet, amit legalább hat napon keresztül el kell érni a vetés indításához. A másik megadandó indulási paraméter az a hasznos hőegyenérték-mennyiség (HHE), amennyit a szóban forgó növény esetében el kell érniük. Az eredménytáblában található adatok sorrendben a következők:

- a vizsgált év száma;
- a bázis (tenyészidőszak) kezdete (az év hányadik napja);
- a 900 HHE eléréséhez tartozó napok száma;
- a bázis (tenyészidőszak) vége (az év hányadik napja);
- az adott évben elérhető teljes HHE érték.

A RAS tenyészidő-számítás (8. ábra) a GSL számításán alapul, de két további parametrizálási lehetőséggel. Itt a minimum-hőmérsékletre is meg kell adni egy tetszőleges küszöbértéket. Egy további parametrizálási lehetőség a vetéshez szükséges bázisnapok számának megadása.

A 8. ábrán a bázisidő minimum-hőmérséklete legalább 0 °C, a referencia-hőmérséklet 5 °C, a bázisidőszak most 7 napig terjed, és legalább 850 HHE értéket kell elérni. Csak a 60. nap után kezdhetjük a vetést, miután a vizsgálandó napok alsó sorszáma a program indításakor erre a küszöbértékre állítottuk be.

Havi hőmérséklet minimumok és maximumok

A négy különböző statisztikát a KKT program egyetlen futás eredményeként hozza létre (9. ábra). A futás előtt az évekre, illetve ezen belül a hónapok sorszáma írhatunk elő korlátozó feltételeket. E lehetőség birtokában könnyedén lekérdezhetjük például a márciusi minimumhőmérséklet-adatokat a számítógépben tárolt teljes időszakra, s az eredményeket önálló táblában tárolva akár Excel feldolgozásnak is alávetjük a későbbiek során.

A címben használt nemzetközi rövidítések az alábbi statisztikákat takarják

TN_N = a napi minimumhőmérséklet-
 adatok havi minimumértéke;

TX_N = a napi maximumhőmérséklet-
 adatok havi minimumértéke;

TN_X = a napi minimumhőmérséklet-
 adatok havi maximumértéke;

TX_X = a napi maximumhőmérséklet-
 adatok havi maximumértéke.

A 9. ábrán egy olyan lekérdezés eredményeit láthatjuk, amely 1984-től kezdve folyamatosan kigyűjtötte a havi hőmérsékleti szélsőértékeket.

Hőmérsékleti adatok

A hőmérséklet 10%-os és 90%-os gyakoriságok (TN10p, TX10p, TN90p, TX90p): A statisztika azon napok százalékát adja meg, ahol a hőmérséklet a 10%-os szint alatt, illetve 90%-os szint felett van. A számítógép először kiszámítja az általunk tetszőlegesen kijelölt időszakra vonatkozó négy küszöbértéket, amelyek a 10%-nál, illetve a 90%-nál a rangsorban megtalálhatók. A referencia-szintek a képernyő bal oldalán láthatók, amelyek a teljes vizsgálati időszakra vonatkoztatott 10%-os, illetve 90%-os küszöbérték-számítás elvégzése után jelennek meg (10. ábra).

A teljes időszakra vonatkozó küszöbértékek felhasználásával a számítógép évenként kiszámítja az adott érték alá eső, illetve fölé eső %-értékeket, mely szerint az adott évben a maximum és minimum értékek 10%-nál nagyobb vagy kisebb arányban esnek a szélsőséges tartományokba. Egyenletes eloszlás esetén minden táblázatbeli értéknek a 10%-ot kellene mutatnia.

A hideg és meleg periódusok indexe (WSDI, CSDI): A hideg és meleg periódusok indexének kiszámítása a napi hőmérséklet minimumok 10%-os alsó küszöbértékének, illetve a hőmérséklet maximumok 90%-os felső küszöbértékének a meghatározásával kezdődik. Ezen küszöbérték alatti hideg periódusban levő napok számának, illetve a küszöbérték feletti meleg periódusban levő napok számának az összegzésével fejeződik be.

A hivatalos WSDI, illetve CSDI indexek egyaránt legalább 6 napos periódusokra vonatkoznak. Az általunk elkészített KKT program segítségével tetszőleges periódushosszúságot vizsgálhatunk és elemezhetünk, a minimális periódus hosszát paraméterként magunk adhatjuk meg.

Napi hőmérséklet-különbségek havi átlagai (DTR): A program az előre meghatározott időszakban határozza meg azon átlagértékeket, amelyeket a napi maximum- és napi

minimum-hőmérsékletek közti különbségek átlagolásával kapunk meg. A vizsgálatot tetszőleges évekre, illetve ezen belül a napok sorszámával megadható tetszőleges időszakra is lekorlátozhatjuk, módot teremtve ezzel arra, hogy akár egyetlen hónap átlagos eltéréseit hasonlítsuk össze a különböző évekhez tartozó idősoradatokkal. A számítógép a napi adatok hónapokba sorolását automatikusan elvégzi, figyelembe véve a szökőévek által okozott anomáliákat is.

Csapadékatatok

A klímaváltozáshoz kidolgozott egynapos és ötnapos csapadékmáximok havi indexeit a KKT program szintén parametrizálta, azaz tetszőleges hosszúságú periódusok vizsgálatát is elvégezhetjük. A 11. ábrán például egy 2 napos vizsgálat eredményeit tekinthetjük meg.

A számítógép a hónapok lehatárolását ezen programponiban is automatikusan végzi el. Az itt kapott eredmények a két napon keresztül esett eső maximális mennyiségeit tartalmazzák mm-ben.

A csapadékmennyiség és intenzitás (SDII, R10, R20, Rxx, PRC): A programponit újabb négy hivatalos statisztika kiszámítását integrálja egyetlen menüpontba

SDII = szimpla csapadék-intenzitási index;

R10 = 10 mm feletti csapadékos napok száma;

R20 = 20 mm feletti csapadékos napok száma;

Rxx = a felhasználó által meghatározott küszöbérték feletti napok száma;

PRC = csapadékösszeg.

A program indítása a szokásos vizsgálati időszak beállításán túl bekéri azt a minimális csapadékmennyiséget (mm), ami felett a csapadék mennyiségét és a csapadékos napok számát évenként összegezzük, és a hozzátartozó indexeket kiszámítjuk. Az

index az adott szint felett lehullott csapadék éves összegét az éves csapadékos napok számával osztja, így a csapadék összege mellett a napi átlagos csapadékindex is rendelkezésünkre áll.

Az egybefüggő száraz napok, illetve az egybefüggő csapadékos napok maximális hosszának évenkénti meghatározásához (12. ábra) a felhasználónak meg kell adni azt a küszöbértéket, ami alatt a száraz, illetve a nedves napokat meghatározzuk. Ez az érték normál esetben 1 mm csapadékot jelent, de a különböző vizsgálatokhoz a felhasználó ettől eltérő küszöbszámokat is megadhat.

Csapadékmennyiségek számított szintek felett (R95, R99): A csapadékra vonatkozó utolsó menüpont két hivatalos statisztika kiszámítását végzi el:

R95 = a teljes időszakra érvényes 95%-os szint feletti csapadékos napok száma.

R99 = a teljes időszakra érvényes 99%-os szint feletti csapadékos napok száma.

A számítógép évenként meghatározza a napi rangsor szerint kiszámított 95%-os és 99%-os csapadék küszöbértékeket, majd a következő futáskor az e csapadékszintek feletti napok százalékát, és az e napokon lehullott csapadék össz mennyiségét (mm) is. A jelzett indexeknek normál esetben az 5%, illetve az 1% körül kellene ingadoznia. A megjelenő anomáliák a csapadékeloszlás egyenetlenségeire hívják fel a figyelmet.

Sugárzás-, hőmérséklet- és csapadékeloszlások

Az eddig leírt 27 hivatalos nemzetközi indikátoron túl fontosnak tartottuk két további index bevezetését is, hogy a klimatikus anomáliák feltérképezéséhez további eszközök álljanak a rendelkezésünkre (13. ábra).

Az osztályok meghatározásához három paraméter szükséges. Az értékelés alá eső adattartomány alsó és felső határértékei, és

ezen tartományra vonatkozó osztályok száma a három feltétlenül megadandó érték. A számítógép egy tizedes pontossággal kiszámítja az osztályok alsó határait, amihez viszonyítva az adatbázisban található meteorológiai adatok kiértékelésre kerülnek. Egy meteorológiai adat abba a legmagasabb osztályba kerül, amely osztálynak alsó határát eléri, illetve meghaladja. A legmagasabb osztályba mindazon értékek bekerülnek, amelyek ezen legfelső osztály alsó határát elérik vagy meghaladják. Ez az egy osztály tehát felülről nyitott.

A vizsgálatokat – hasonlóan a korábbi programlehetőségekhez – tényadatokra és időjárás-szenáriókra egyaránt elvégezhetjük. A vizsgálatokat a maximális szélleőkés-re, a minimális, átlagos és maximális hőmérsékleti adatokra, illetve a csapadékadatokra is kiterjeszthetjük. Az itt látható példa azt a gyakorisági táblázatot ismerteti, ami a minimumhőmérsékletek gyakoriságát -40 foktól $+20$ °C-ig terjedő intervallumban – tíz fokos osztályközökkel – meghatározza.

A statisztikák elkészítése után azonnal visszaléphetünk az alapparaméterek beállításához, változtatásához, és egy új adatsor összeállítását is kezdeményezhetjük a számítógépünkön. Az új eredménytábla generálásához a képernyőn látható bármelyik paraméter megváltoztatható, s ugyanígy változtathatjuk a vizsgálat alá vont adattípust is a sugárzástól a hőmérsékleteken át a csapadékig.

Amennyiben számunkra érdekes az alsó küszöbérték alatti számok gyakorisága is, akkor annak felfedéséhez egy új, önálló futtatásra van szükség. A vizsgálati terület alsó határa ilyenkor egy irreálisan alacsony érték, és a felső korlát az ettől az értéktől a küszöbértékig számított távolság kétszerese, és a vizsgált osztályok száma most kettő. A két osztályban ekkor a küszöb alatti és a küszöb feletti értékek számossága jelenik meg.

A kapott eredmény képernyőn látható adataiból rögtön látható, hogy a -20 °C alatti minimum-hőmérsékletek csökkenő tendenciát mutatnak, míg a 0 °C feletti minimumér-

tékek száma egyre nagyobb ingadozásokkal, de összességében növekvő tendenciát mutat. A mellékelt példánk módszertani minta, most nem az a szerepe, hogy tudományos következtetéseket vonjunk le belőle, de rávilágít arra, hogy e program mennyire rugalmasan használható a relatív gyakoriságok karakterisztikus sajátosságainak felfedéséhez. Az *Eredmények tárolása* menügombra kattintva az itt látható eredmények egy Access táblázatba kerülnek, ahonnan könnyen exportálhatjuk tetszőleges más adatformátumba (pl. Excel), hogy tudományos vizsgálatainkat a számunkra legkényelmesebb informatikai környezetben elvégezhessük.

Sugárzás, csapadék és hőhullámok

A meteorológiai adatok feldolgozása során további nehézségeket okoz a meteorológiai anomáliák egzakt feldolgozásakor az anomáliák időtartamának paraméterezése. A 14. ábrán látható lista utolsó menüpontjában előzetes tartamparaméterek megadása nélkül is működő lekérdező programot hoztunk létre, ami a sugárzás, a minimális, átlagos és maximális hőmérséklet, illetve a csapadék-hullámok automatikus feltérképezését és lekérdezését biztosítja.

A program mind a tényleges adatok, mind a szenáriók napi adatai esetében alkalmazható, de indításkor ki kell választani a vizsgálatba bevont meteorológiai adatbázist, a vizsgálandó meteorológiai paramétert, illetve azon küszöbértékeket, amelyek alatt, illetve felett a számunkra fontos extrémis meteorológiai állapot bekövetkezik.

Az adatbázis kiválasztása most is a szokásos módon történik. A 14. ábrán a jelenlegi napi adatokat tartalmazó táblázatok láthatók.

Az adattábla kiválasztása után a pontos vizsgálati peremfeltételek beállításához az alábbi lehetőségek állnak a rendelkezésünkre:

– A vizsgálat időtartamának meghatározása (évtől-évig). A peremfeltételekkel a

ténylegesen rendelkezésre álló idősorok hosszának korlátozására van lehetőségünk. A maximális időintervallum a program indításakor a képernyőn automatikusan megjelenik.

– A vizsgálat évközi időszakának meghatározása (napsorszámától napsorszámig). Segítségével meghatározhatjuk azt az időszakot (pl. növények esetében a vegetációs időszak lehet ez), ahol a szélsőséges feltételek hatással vannak az egyedek fejlődésére.

– A vizsgálat alsó-felső küszöbértékének meghatározása, mely értékek a meteorológiai anomália bekövetkezését jelzik.

– Adatválasztás, ahol az egér segítségével kijelölhetjük azt a meteorológiai paramétert, amire az alsó felső küszöbértékek vonatkoznak.

A 15. ábrán a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum-hőmérsékleti hullámokat kívánjuk megkezesni a januári időszakban: melyik évben hányszor és hány napon keresztül süllyedt a hőmérő higanyszála a beállított érték alá?

A tényleges adatok esetében a program a napi minimum-hőmérsékletek gyakoriságát jeleníti meg. Az eredmények egy kétdimenziós nyitott táblázatban láthatók. Az oszlopok számát a beállított, illetve a maximálisan elérhető évek száma határozza meg. A további évek adatait a vízszintes gördítősáv segítségével érhetjük el.

A 15. ábra sorainak száma minden egyes lekérdezés esetében szintén dinamikusan változik. Annyi sorból fog állni, ahány napig tartott az adott paraméterre vonatkozó leg-hosszabb periódus. A táblázat belsejében levő számok a periódusok darabszámát adják meg, ugyanis egy adott hosszúságú periódus többször is előfordulhat. A táblázat eredményeinél maradva például az 1995-ös évben, januárban két olyan periódus volt, amikor a hőmérséklet $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá süllyedt. Az egyik 5 napig, a másik tizenegy napig tartott. 1987-ben viszont 4 egynapos, 1 két-napos és 2 három napos periódus fordult elő.

Most is lehetőségünk van a képernyőn levő adatok kinyomtatására, mind a kezdeti

peremfeltételek beállításakor, mind a lekérdezés eredményeinek rögzítése érdekében. Mivel az eredmények dinamikus táblában jelennek meg, javasolható a lekérdezés eredményeinek önálló táblázatban való elmentése, illetve a későbbiek során ezen elmentett adatok Excel táblázatokba való átemelése, ahonnan a nyomtatás a felhasználó szerinti particionálás szerint történik.

KLIMATIKUS PROFIL-INDIKÁTOROK

A klimatikus anomáliák vizsgálata mellett érdeklődésre tart számot a meghatározott klimatikus profilok teljesülésének, illetve nem teljesülésének a bekövetkezése, akár növényi, akár állati egyedek létfeltételeinek, növekedés, illetve szaporodásbiológia klimatikus feltételeinek teljesüléséről, illetve hiányáról van szó (16. ábra). A klimatikus profilindexek kidolgozásának szükségessége először növényi kártevők szaporodási feltételeinek vizsgálata során merült fel, s az első vizsgálatok a globális havi adatok profilvizsgálatára korlátozódtak.

Napi profil-indikátorok definiálása: A napi profil-indikátorok alkalmazásának első lépcsőfoka a hasznos vagy káros klimatikus profilok létrehozása (17. ábra).

A profil kialakítása mindig egy adott évre vonatkozik, a szokásos öt meteorológiai paraméter mentén valósítható meg, ahol az alsó, illetve a felső korlátokat törött vonalakkal írhatjuk le. Tehát amikor egy hőmérsékleti paraméterre mondjuk a 0–31 napos intervallumban legalább $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot előírunk, akkor a napokhoz az 1 és 31-es értékeket írjuk be, majd a változó értékekhez a -5 és -5 értékeket. Amennyiben az adott hónapban mondjuk emelkedő alsó korlátot kívánunk felállítani, akkor a változó értékekhez például a -5 és 0 adatokat írhatjuk be. A korlát hozzáadása után a korábbi értékek (pl. -99 , vagy más korábban megadott értékek) törölődnek, és január hónapban már az új szempontok élnek. Klimatikus profilokat bárki

létrehozhat a szerveren, illetve a saját számítógépen. A későbbi azonosítás érdekében célszerű a profil nevét és szerzőjét pontosan rögzíteni.

Napi profil-indikátorok értékelése: A vizsgálatot a kiválasztott adatállományon belül leszűkíthetjük adott évekre, azon belül adott napokra. Amennyiben fontos számunkra, kérhetjük az eredményeket havonkénti bontásban, hogy mely hónapokban nem feleltek meg a klimatikus viszonyok a karakterisztikus elvárásoknak. Amennyiben csak arra vagyunk kíváncsiak, hogy mely években teljesültek az elvárások, akkor elég az éves eredmények lekérése.

Havi profil-indikátorok: A klimatikus profilok vizsgálatát a *Havi profil-indikátorok* menüponttal kezdeményezhetjük, mely menüpont további három almenüre bomlik (18. ábra).

Napi-havi konvertálás: Napi-havi konvertálás elkészíti azokat a havi idősorokat, amelyek a rendelkezésre álló csapadékadatokból havi összesítéseket, míg a napi három hőmérsékleti adatból havi átlagokat számol. A rendelkezésre álló napi adatok konvertálása már megtörtént, így a programmal jelenleg nem hozhatunk létre új adatállományt.

Havi profil-indikátorok definiálása: Az egyedi profilok kialakításának első képernyőoldala látható a 19. ábrán, ahol a felhasználó saját maga definiálhatja mindazokat a peremfeltételeket, amelyekkel egy növényi vagy állati egyed fenológiai, fejlődésbiológiai klimatikus profiljait kívánja vizsgálni. A *Felvitel* parancsgomb segítségével tetszőleges számú klimatikus profil rögzíthető és nevezhető el a felhasználó elképzelése szerint. Amennyiben több felhasználó által előállított klimatikus profil látható a képernyőn megjelenő, névsorba rendezett listában, köztük a profil nevének kezdőbetűivel választhatunk a leggyorsabban.

A számítógépben tárolt minden egyes klimatikus profil önálló indikátornak tekinthető, melynek segítségével mind a tényleges meteorológiai adatok, mind a hivatalos klimatikus scenáriók adatait osztályozhatjuk.

A klimatikus profilok három hőmérsékleti adatra, illetve a csapadék mennyiségére korlátozódnak. Minden hónapban meg kell adni a jelzett négy meteorológiai paraméter alsó és felső korlátját, azaz $12 \times 8 = 96$ adatot. Nem szükséges minden adatot megváltoztatnunk, ugyanis a számítógép által automatikusan beírt (–99 és +999) értékek olyan határokat jelentenek, amelyekbe a gyakorlatban soha nem ütközünk bele. Csak azokat az értékeket kell megváltoztatnunk, ahol a vizsgálat szempontjából tényleges korlátozó feltételekkel szeretnénk élni. A profilok létrehozása után lehetőségünk van azok későbbi módosítására, amennyiben új vizsgálataink ezt megkövetelik, illetve a már feleslegessé vált profil-definíciók törlésére is, ami a könnyebb áttekinthetőség érdekében feltétlenül ajánlott (19. ábra).

A 20. ábrán látható tesztadatsorban az átlagos havi hőmérséklet alakulására írtunk elő egy alsó küszöbprofil. Természetesen meghatározott profil előírását minden paraméter esetében alsó és felső küszöbként is létrehozhatjuk. A profilok kiértékelésénél csak teljesült, illetve nem teljesült válaszokat kapunk vissza a számítógéptől.

Havi profil-indikátorok számítása: A konkrét vizsgálat végrehajtását a harmadik almenüpontban kezdeményezhetjük. A program első lépése most is – mint korábban mindig – a szükséges meteorológiai adattáblázat kiválasztása, ami scenáriókat, illetve tényleges meteorológiai adatokat egyaránt jelenthet.

A meteorológiai bázis kiválasztása után további korlátozásokat érvényesíthetünk a vizsgálat terjedelme (évtől évig), illetve a vizsgálat évközi szakaszának (hónaptól hónapig terjedő) kijelölése. A profilvizsgálat csak az így meghatározott hónapokra terjed ki, függetlenül attól, hogy a profil definiálásakor további hónapokra vonatkozó korlátozó beállítások léteznek. A program futása során ezen feltételeket a számítógép figyelmen kívül hagyja.

A program indítása előtt az utolsó lépés a korábban definiált indikátorok közül az aktu-

ális profil-indikátor kiválasztása. Az aktuális profil rekord előtt álló fekete háromszög jelzi. A végrehajtást most is kétféle módon kezdeményezhetjük. Amennyiben kíváncsiak vagyunk, hogy az általunk előírt klimatikus profilok mely hónapokban teljesültek, s melyekben nem, akkor a *Havi profil értékelés* parancsgombra kell kattintanunk.

Ekkor minden klimatikus paraméter esetében megkapjuk az eredményt, hogy az adott hónapban beírt feltételek megvalósultak vagy sem. Az eredmények könnyebb áttekinthetősége érdekében csak azokban az esetekben küld jelzést a számítógép (No), amikor a megkövetelt feltételek nem teljesülnek (20. ábra).

Az eredményeket a képernyő nyomtatásával papír alapon is dokumentálhatjuk. Mivel az eredmények csak függőleges irányban változnak dinamikusan, az eredmények listás nyomtatása ajánlott inkább abban az esetben, ha mindenképpen nyomtatott adatokat szeretnénk látni. Természetesen most is van lehetőség az eredmények archiválására, Excel táblázatokba való átemelésre is, ahol további szerkesztési és nyomtatási lehetőségekkel élhetünk.

Amennyiben az *Éves profil értékelés* parancsgombot választjuk, az eredmény leegyszerűsödik, és a havi részletezettség helyébe most már az éves összegzés lép. Az adott év abban a pillanatban megkapja a *No* elutasító jelzöt, amennyiben akár egyetlen hónapban nem teljesülnek az általunk előírt klimatikus követelmények.

Az *Eredménylista tárolása* most is abban az adatbázisban történik, amelyet a felhasználó a programba való belépéskor a saját maga számára (jelszóval) kijelölt.

A hosszú idősorok (21. ábra) havi átlagadatokat tartalmaznak, és rendkívül gazdag választékát használhatják a tanszéki kutatócsoport tagjai. Az adatbázis legfontosabb alapja az egész Európát hozzávetőlegesen 10 km-es rácpontokban lefedő *Tyndall-adatbázis* (3), amelyet brit kutatók bocsátottak a klímakutatók rendelkezésére. A speciális adatformátumban közreadott adatok konver-

tálása és programozott felépítése után az alábbi tényadatok és szcenáriók állnak rendelkezésre.

Hosszú adatsorok lekérdezése

A különböző átlagok lekérése előtt lehetőségünk van az európai adathálózat térbeli és időbeli leszűkítésére, korlátozására (22. ábra).

Tényadatok	1901–2000 Csapadék
	1901–2000 Átlaghőmérséklet
	1901–2000 Felhőborítottság
	1901–2000 Napi átlageltérések havi átlaga
	1901–2000 Páratartalom
Szcenáriók	2001–2100 Csapadék
	2001–2100 Átlaghőmérséklet
	2001–2100 Felhőborítottság
	2001–2100 Napi átlageltérések havi átlaga
	2001–2100 Páratartalom

Ez utóbbi szcenáriók esetében az előrejelzéseket A1, A2, B1 és B2 modellek szerint is elkészíthetjük. Az adatbázis kiválasztása után sor kerülhet a különböző elemzések végrehajtására (23. ábra). Mivel európai adatbázisról van szó, a program lehetőséget biztosít a kutatási célterület térben és időben történő lehatárolására. A térbeli lehatárolást a Tyndall-koordináták segítségével valósíthatjuk meg. Az időbeli lehatárolást a szokásos évszámkorlátozással valósítjuk meg.

A Tyndall koordináták módosítása után a nekik megfelelő földrajzi koordináták szélességi és hosszúsági értékeinek a megváltozását is maga után vonja. Ez a konverzió lehetővé teszi, hogy a földrajzi koordináták ismeretében Magyarország, vagy akár Európa tetszőleges régióját feltérképezzük (1).

Még egy rendkívül fontos szolgáltatás kell a programnak megemlítenünk. A mintegy 31 ezer mérési pontban rendelkezésre álló európai adatsorokat lekérdezhethetjük évenkénti átlagolás vagy rácpontok szerinti cso-

portosításban. Évenkénti (year) átlagolásnál a kijelölt földrajzi területre vonatkozó összes mérési pont adatai évenként átlagolva, minden évben egyetlen egy soron jelennek meg.

Amennyiben a rácpontonkénti (grid) átlagolást választjuk, akkor az eredménytáblában évszám megjelöléssel nem találkozunk, viszont a kijelölt földrajzi területhez tartozó rácpontokban az idősorok átlagolása megtörténik.

Magyarország földrajzi koordinátái

Adott magyarországi településhez legközelebbi Tyndall rácpont kiválasztását külön menüponttal támogatja a programrendszer, melynek nyitó oldalán az adatoszlopok nevére kattintva sorba rendezhetjük az adatokat a település neve, a földrajzi szélesség, illetve a földrajzi hosszúság mentén is. A község neve szerinti keresése mellett a földrajzi szélesség- és hosszúságadatokkal kijelölhetünk egy nagyobb geográfiai területet is, amelynek határain belül a meteorológiai idősorokat le szeretnénk kérdezni. Mindkét megközelítés esetén megkapjuk a szükséges Tyndall szélességi és hosszúsági adatokat, amelyeket visszatérve az előző menüpontba, most már inputadatként használhatunk (24. ábra).

A szűrőfeltételekben megadott földrajzi koordináták a konvertálás után a neki megfelelő Tyndall-koordináta rendszerben jelennek meg, hol egész, hol tört alakban. Mivel a Tyndall adatbázis rácpontjai egész értékek mentén vannak rendezve, a szükséges kerekítéseket a felhasználónak mindenekképpen el kell végeznie.

A NÖVÉNYEK ADATAI

Az időjárási kockázat becslésének egyik lehetősége a mezőgazdaságilag hasznosítható kultúrnövények termésátlagában és termésminőségében megjelenő ingadozások vizsgálata. A kutatók ezirányú adatigényét

hivatott kiszolgálni a KSH adattárában feltehető leghosszabb termőterület-, illetve termésátlag-adatok kigyűjtése, strukturált tárolása és lekérdezése. A vázolt célkitűzés elérését az alábbi menüpontok (25. ábra) támogatják.

A *búza adatsorok* megyénként 1922-től 2005-ig állnak rendelkezésre (26. ábra). Az adatsorban a terület és termésmennyiség mellett az aktuális termésátlagok is megjelennek a közreadott listában, hiszen a termésátlagok és a rájuk vonatkozó, alkalmasan megválasztott szűrőfeltételek nagymértékben segítik a termelés kockázatának vizsgálatát.

A vizsgálatokat most is a kívánt megyei adatsor kiválasztásával kell kezdeni, s csak ennek megjelölése után tudunk hozzákezdeni az aktuális adatállományok szűréséhez, feldolgozásához és a feldolgozott adatok tárolásához.

A *kukorica* adatok szűrése (27. ábra) – hasonlóan a búza adatsorokhoz – 1922-től 2005-ig végezhető el.

Jól tudjuk, hogy a termésátlag-növekedés az új vetőmagfajtákban rejlő produktivitásváltozás, illetve a folyamatosan fejlődő agrotechnikai lehetőségek miatt önmagában nem alkalmas az időjárás hatásainak jellemzésére, a trendhatásoktól megtisztított tízéves periódusok összehasonlítása már megteremtí a sokrétű kockázatelemzéshez az alapokat.

Az *árpa* adatok szűrése – hasonlóan a búza- és kukorica-adatsorokhoz – 1922-től 2005-ig végezhető el. Hasonlóan a búzához és a kukoricához, itt is hiányoznak a háborús évekre vonatkozó termésátlag-adatok, illetve az adatbázisokból egyéb okok miatt hiányzó 1949-es esztendő.

A *szőlő* termésátlag-adatok megyei bontásban csak 1963-tól 2005-ig állnak rendelkezésre a KSH történeti adattárában. A korábbi években rendelkezésre álló országos termésátlagok viszont nem használhatók a regionális szintű vizsgálatok elvégzéséhez.

A szőlőtermelés kockázatának vizsgálatához további lehetőséget biztosít a *szőlő indikátorok* menüpont. A menüpontban napi

meteorológiai adatokra épülő tizenhat olyan indikátort gyűjtöttünk össze, melyeket kifejezetten a szőlőtermelés potenciális lehetőségeinek vizsgálatára dolgoztak ki és használnak fel (2). A szóban forgó indikátorok felsorolását a 28. ábrán adjuk közre.

A havi hőegyenértékek számítása (29. ábra) a napi maximum- és minimum-hőmérsékletek felhasználásával számított napi átlaghőmérsékleten alapul. Amennyiben az átlaghőmérséklet meghaladja a 10 °C-ot, az e fölötti rész vehető figyelembe a havi hőegyenértékek meghatározásánál. Az eredménytábla mentése révén az éves hasznos hőegyenértékek pl. akár Excel táblázatok segítségével is kiszámíthatók, integrálhatók.

Az éves (biológiai) hasznos hőegyenértéknél most is a napi maximum- és minimum-hőmérsékletekből indulunk ki, segítségével meghatározzuk a napi átlaghőmérsékletet. Amennyiben az átlaghőmérséklet meghaladja a 10 °C-ot, az e fölötti rész vehető figyelembe. Ha az átlaghőmérséklet meghaladja a 19 °C-ot, az e feletti rész viszont már nem vehető figyelembe, mert a növény az e fölötti részt a hőháztartás egyensúlyának megtartásához felhasználja.

Földrajzi szélesség – júliusi hőmérséklet index. A menüpont indításakor meg kell adni a kívánt szőlőterület földrajzi szélességét, és ki kell választani a szőlőterülethez legközelebb levő, az ottani viszonyokat leginkább reprezentáló meteorológiai adatsort. A földrajzi szélességhez tartozó júliusi hőmérsékleti indexet (jix) a kiválasztott adattáblázat júliusi átlaghőmérsékletének a (már korábban megismert módon való) kiszámításával végzi a program. A földrajzi szélességhez tartozó indexet végül egy korrekciós számítás után kapjuk meg $LTT = jix * (60 - lat)$, ahol a lat a szőlő termőhelyre vonatkozó, induláskor megadott földrajzi szélesség fokban. A képletből megállapítható, hogy mennél jobban megközelítjük a szőlőtermelés elméleti északi szélességét (60 fok), ez az index egyre alacsonyabb értéket fog kapni.

Április–októberi hőegyenérték összeg. A vegetációs időszakra vonatkozó számítás

logikailag megegyezik az éves biológiai hasznos hőegyenérték számítással, de csak az áprilistól októberig terjedő időszakot veszi most figyelembe a számítógép.

Éves csapadékösszeg. Szőlőtermelés szempontjából általánosan elfogadott elv, hogy legalább 500 mm csapadék szükséges a szőlőültetvények produktivitásának megőrzéséhez. Tehát gyakorlatilag kötelező a lehullott, illetve a scenáriók esetében a várható csapadék mennyiségének a meghatározása.

Júliusi átlaghőmérséklet. A júliusi átlaghőmérséklet – a korábban bemutatott szélességi korrekció nélkül is – fontos mutatószám a mind magasabb cukortartalmú, így magasabb minőségű szőlőalapanyagok előállításához.

Téli minimum-hőmérséklet (Dec.–Febr.). A szélsőségesen hideg téli minimum-hőmérsékletek előfordulási gyakorisága a fagykár kockázatának egyik meghatározó mutatószáma.

Szüreti (Jún.–Szept.) maximum-hőmérséklet átlaga. A szüreti maximum-hőmérséklet – a korábban bemutatott júliusi átlaghőmérséklet mellett – szintén a mind magasabb cukortartalmú, így magasabb minőségű szőlőalapanyagok előállításához szükséges feltétel.

Nyári csapadékmennyiség. A nyári csapadékmennyiség menüpontban a június-július-augusztus hónapokban lehullott csapadék mennyiségét összegzi a számítógép.

Napi hőmérsékletingadozás-átlag. Kiszámítása a napi maximum- és napi minimum-hőmérsékletek különbségeinek az éves átlagát adja meg.

Júliusi maximális hőmérséklet-eltérés. Kiszámítása az évenkénti júliusi maximális és minimális hőmérsékletek megkeresésén és kivonásán alapszik.

A 30. ábrában jelzett index az évenkénti januári, illetve a júliusi középhőmérsékletek különbségét jelenti.

Tavaszi (Ápr.–Máj.) fagyindex. Kiszámítása a két hónap együttes átlagos átlaghőmérsékletének, illetve a két hónap együttes

és átlagos minimum-hőmérsékletének a különbségéből számítódik.

Tenyészi idejei (Ápr.–Okt.) csapadék. A számítógép felgyűjti az áprilistól október végéig leesett csapadék mennyiségét.

Szüret előtti 30 nap csapadéka. A szüret előtti 30 napban leesett csapadéknak a vegetáció szempontjából már nincs jelentősége, viszont a nagy mennyiségű és gyakori csapadékeloszlás a rothadási veszteség, illetve a cukortartalom-veszteség szempontjából erős kockázati tényező.

A program futtatása előtt két paramétert kell megadnunk, a szüret jellemző időpontját, illetve azt a minimális csapadékmennyiséget, amit a programnak a futás során már feltétlenül figyelembe kell vennie. A program segítségével lehetőségünk nyílik a korai, a közepes, illetve a késői szüretelésű szőlőfajták minőségi kockázatainak vizsgálatára.

Napsütéses órák száma. A számítógép a napi adatokból összegzi az évenkénti napos órák számát. Itt jegyezzük meg, hogy bizonyos idősorok a napos órák helyett a napi sugárzási adatokat tartalmazzák, míg egyes szcenáriókban a napos órák helyett a várható maximális szellőkések adatai érhetők el. Természetesen ez utóbbi esetben a benne levő adatok összegzése szakmailag értékelhetetlen.

ROVAROK ADATAI

A rovarok – hasonlóan a növényekhez – biológiai életciklusukat szorosan hozzákötik az aktuális klimatikus viszonyokhoz. Így megjelenésük, populáció-számosságuk, diverzifikációjuk térbeli és időbeli változása kiemelt szerepet tölthet be a klímaváltozások sokszor nem is annyira szembeutó változásainak észleléséhez. A rovarpopuláció-vizsgálatokat az alábbi menüpont támogatja.

Rovarcsapda-statisztikák. A rovarcsapda-adatok elemzéséhez három menüponton (31. ábra) keresztül lehet eljutni, melyek közül a

havi statisztikák nyújtják a legbiztosabb alapot a további elemzésekhez.

A napi adatok szűrésénél minden eddigi mérési adat elérhető, s a szűrési feltételek beállítása után a számítógép sebességétől függ, hogy a kívánt adatokat milyen gyorsan kapjuk meg. A szűrési lehetőségek a csapda kódjára, a rovarfaj kódjára, az évre és a hónapokra vonatkozhatnak. A megadott feltételek szerinti szűrést csak akkor hajja végre a számítógép, ha a képernyő bal alsó sarkában látható *Szűrés* parancsgombra kattintunk.

Az adatok elérését elősegíti egy keresési funkció is, ahol a keresett rovarcsapda helyének kódszámát adhatjuk meg. Az elemzési feladatainkat tovább könnyítheti a vizsgálati eredmények különböző szempontok szerinti sorrendbe rakása. Négy adatmező szerint rakhatjuk sorrendbe az adatokat: a csapda kódszáma szerint, a rovarfaj kódszáma szerint, az évszám szerint és a hónapok szerint. A sorrendbe rakást úgy tudjuk végrehajtani, hogy egyszerűen rákattintunk az aktuális oszlop tetején álló mezőnévre.

Minden hónap adatrekordja után 31 napi mérésnek helyet adó adatcella következik, melyekben a napi előfordulások darabszáma található rovarfajonként.

A rovarcsapda-adatok leszűrt adatait a korábban leírtak szerint most is eltárolhatjuk önálló táblázatokba, ahonnan tetszőleges adatformátumba exportálhatjuk. A nyomtatási lehetőségeink kicsit eltérnek a képernyőn látható adatoktól, ugyanis a nyomtatott lista a napi adatok helyett a dekádonkénti összegzett darabszámokat, illetve a teljes havi összeggést tartalmazza.

A *havi adatok szűrése* technikailag ugyanúgy megy végbe, mint a napi adatok szűrése, de itt a képernyőn a napi adatok helyett a dekádonkénti adatok és a havi összegek jelennek meg. A havi adatok előállítását az indokolja, hogy kiküszöbölje a csapdaeredmények ingadozásait, és az adatbázis áttekintésére, a tendenciák leszűrésére több lehetőségünk nyílik.

Havi statisztikák. A rovarcsapda-adatok legértékesebb feldolgozását a *Havi statisztika*

kák menüpont alatt érhetjük el. Ugyanazok a től-ig szűrőfeltételek itt is megtalálhatók, mint a havi adatok szűrésénél, de a speciális vizsgálatok végrehajtásához további finomítások szükségesek.

Ha több földrajzi körzetben szeretnénk vizsgálati eredményeket kapni, akkor szükség van a kijelölési funkciók használatára. Az *Egyedi kijelölés* segítségével bármelyik csapdahelyet bevonhatjuk, illetve egy következő kattintással törölhetjük a vizsgálati körzetekből. Az *Összes kijelölés* parancsgombbal minden csapdahely kijelölésre kerül, míg a *Kijelölések törlése* parancsgombbal minden csapdahely kijelölése törlődik (32. ábra).

Ugyanígy nagyon fontos egyes kártevőcsoportok kijelölésének finomítása. Az előzőekben leírtakhoz hasonlóan választhatjuk ki az aktuális rovarfajokat, illetve törölhetjük azokat, de most családnév, illetve fajnév szerinti együttes kijelölésre vagy törlésre is lehetőségünk van.

A kijelölés további új funkciója, hogy kijelölhetjük azokat a rovarpopulációkat, amelyek egy másik európai országban léteznek, lekérdezhetjük a magyarországi előfordulási gyakoriságaikat, s összehasonlító hasonlósági vizsgálatokat végezhetünk a kapott értékek alapján. E másik ország rovarpopulációjának automatikus kijelölése előtt fontos, hogy a számítógépben minden korábbi kijelölést töröljünk.

A vizsgálati feltételek beállítása után elindíthatjuk a *Rovarfaj statisztika* (Insect statistics) parancsgomb segítségével a feldolgozó programot, ami az alap adatbázis meg lehetőségen nagy mérete miatt esetenként jelentős feldolgozási időt igényel. A feldolgozási idő becslését jelentősen elősegítheti a képernyő bal oldalán található fekete háromszög, ami tudatja velünk, hogy melyik rovarfaj feldolgozását végzi éppen a számítógép.

Az adatokat két formában közli a számítógép. Egyrészt megadja az összes kijelölt rovarfajra az évenkénti észlelési darabszámot (33. ábra), másrészt megoszlási statisztikákat készít, hogy adott évben melyik rovarfaj milyen arányban részesedett a teljes évi észlelés-darabszámhoz viszonyítva.

Az eredmények archiválása a korábban leírtakhoz hasonló módon megy végbe. A tároláskor meg kell adni azt a táblanevet, amelyben a kapott eredményeinket meg szeretnénk őrizni.

A nyomtatás egy kicsit eltér a korábban leírtaktól, mivel itt a nyomtatás a nagy adatbázisméret miatt oldalanként mindig csak egy rovarfajra korlátozódik. Az eredménylapon az adott rovar kódján és nevének kívül két idősor látható. Az első az észlelések darabszámát, míg a második az észlelések egymáshoz viszonyított évenkénti arányát tartalmazza százalékos formában.

A megoszlási statisztikákban szintén az évenkénti statisztikai adatok láthatók. A százalékos megoszlások összege ezért minden oszlopban 100%, az egész értékre kerekítés következtében fellépő hibák miatt ezen összeg ettől 1–2%-kal eltérhet.

Külön-külön lehet archiválni az abszolút előfordulásokat és a relatív gyakoriságokat. Ezért ha a továbbfeldolgozás érdekében mindkettőre szükségünk van, akkor ezeket az eredményeket két eltérő nevű táblázatban kell elhelyeznünk. Egy külön táblázatban a fajok számára is rákérdezhetünk.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

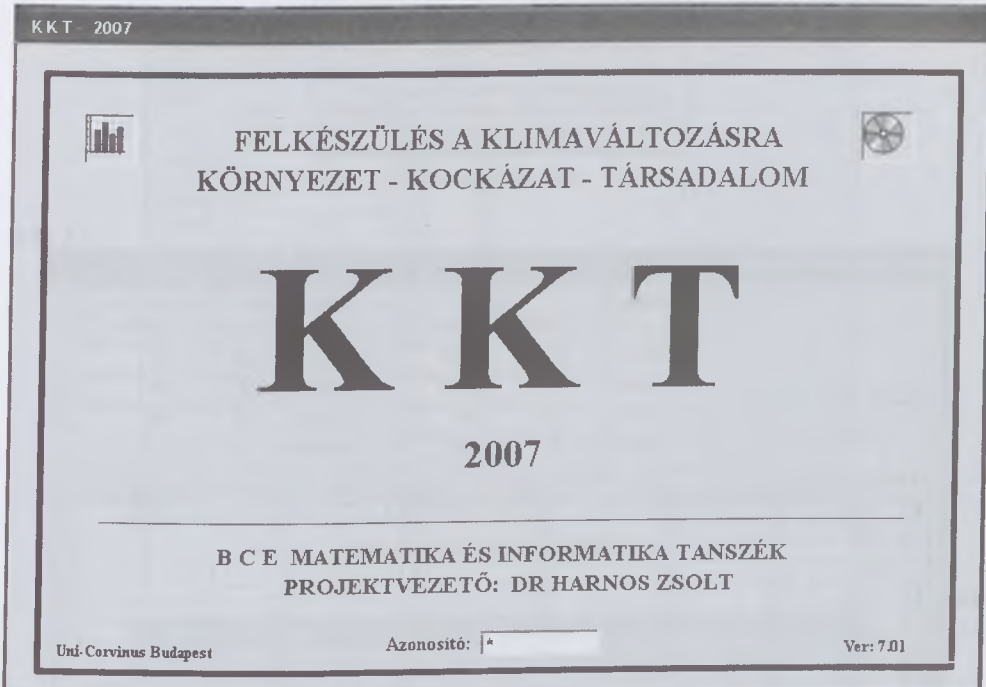
A kutatómunkát az OTKA T042583 és az NKFP 6-00079/2005 projektek támogatásával végeztük.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) HORVATH L. – GAAL M. – SOLYMOSSI N. (2007): Spatial analogues in climate change research. EFITA Conference, Caledonian University Glasgow (2) LADANYI M. – SZENTELEKI K. – ERDELYI E. (2007): The risk of Hungarian vine production from climate change aspect. OIV Conference, Budapest

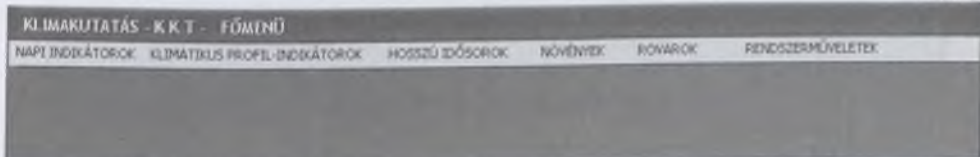
(3) MITCHELL, T. D. – CARTER, T. R. – JONES, P. D. – HULME, M. – NEW, M. (2004): A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100). Tyndall Centre Working Paper 55, University of East Anglia, Norwich, UK, http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp55.pdf (4) SZENTELEKI K. – LADANYI M. – SZABO E. – HORVATH L. – HUFNAGEL L. – REVESZ A. (2007): A climate research database management software. EFITA Conference, Caledonian University Glasgow

1. ábra



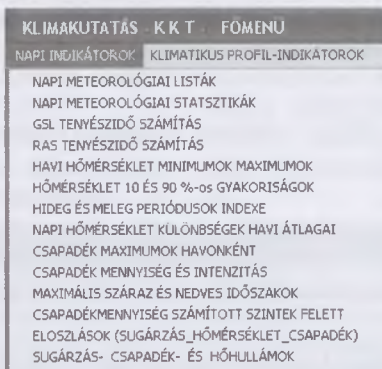
A program bejelentkező képernyője

2. ábra



A KKT menürendszere

3. ábra



Napi indikátorok

4. ábra

NAPI METEOROLÓGIAI ADATOK BUDAPEST

Keresés
Évszám

Szűrés

	Mettől:	Meddig:
Év:	1901	2000
Nap sorsz.:	1	366
Sugárzás:	10	
Csap.mm:	0	999

Szűrés

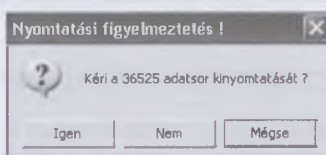
	Mettől:	Meddig:
Min °C:	-99	99
Átlag °C	30	99
Max °C:	-99	99
Rekordszám:	12	

▶	Év	Hozvétel	Sugárzás	Min °C	Átlag °C	Max °C	Csapadék mm
	1922	192	13,0	19,9	30,5	36,2	0
	1928	209	10,9	18,4	30,1	36,0	0
	1931	196	14,1	18,1	30,3	37,4	0
	1947	217	13,0	21,4	30,1	37,3	0
	1950	185	13,2	23,1	30,6	38,0	0
	1950	186	13,1	24,5	32,0	38,0	1
	1957	189	13,3	22,4	30,5	37,2	0
	1992	233	10,8	24,1	30,3	36,3	0
	1994	212	12,8	23,5	30,3	35,0	0
	1998	203	12,2	22,9	30,0	36,0	0
	1998	204	12,6	23,3	30,7	36,4	0
	1998	215	11,8	23,6	30,5	37,1	0

Képernyő nyomtatása Eredménylista nyomtatása Eredménylista tárolása Kilépés

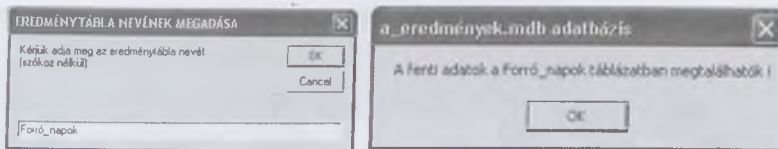
Napi meteorológiai adatok, Budapest

5. ábra



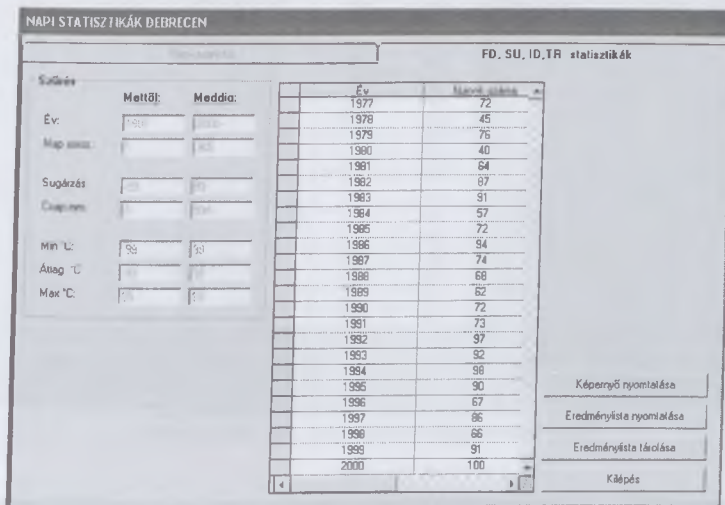
Eredménylista nyomtatása

6. ábra



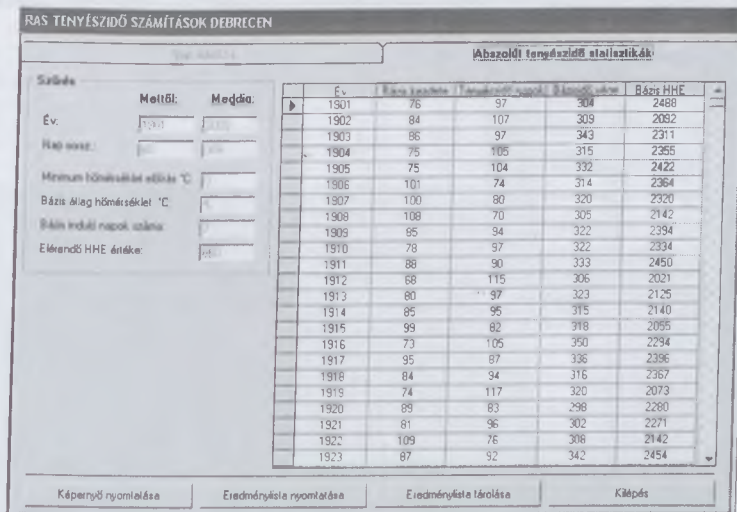
Eredménylista tárolása

7. ábra



Napi statisztikák, Debrecen

8. ábra



RAS tényészidő-számítás

9. ábra

HAVI HŐMÉRSÉKLET MINIMUMOK ÉS MAXIMUMOK DEB_LATOKEP

Havi minimum és maximum adatok

Szűrés

Mettől: Meddig:

Év: 1984 1985

Nap sorsz.: 1 366

Év	Hónap	Min [Tmin]	Min [Tmax]	Max [Tmin]	Max [Tmax]
1984	1	-9,9	-2,9	2,2	9,9
1984	2	-9,7	-2,5	2,1	13,4
1984	3	-9,9	2,6	8,5	20,3
1984	4	-3,3	3,9	8,8	22,7
1984	5	4,5	7,9	15,2	27,9
1984	6	5,6	18,0	16,4	27,9
1984	7	6,0	15,7	19,6	35,3
1984	8	7,1	20,0	17,2	32,5
1984	9	2,9	12,3	16,5	31,6
1984	10	0,5	10,4	14,3	26,2
1984	11	-9,1	4,6	6,5	18,0
1984	12	-12,2	4,1	-0,1	6,0
1985	1	-22,0	-9,5	3,8	8,2
1985	2	-23,0	-9,6	2,0	7,6
1985	3	-3,0	1,5	5,5	19,2
1985	4	-1,4	8,0	8,0	22,7
1985	5	1,2	9,4	15,2	28,4
1985	6	5,8	16,0	15,3	28,8
1985	7	8,0	18,5	19,0	34,0
1985	8	9,0	14,0	18,6	36,1
1985	9	4,2	14,2	15,4	31,5
1985	10	-4,8	1,8	8,8	28,9
1985	11	-6,0	0,1	8,3	15,0

Képernyő nyomtatása Eredménylista nyomtatása Eredménylista tárolása Kilépés

Havi hőmérséklet minimumok és maximumok

10. ábra

HŐMÉRSÉKLET 10 %-os és 90 %-os GYAKORISÁGOK DEB_LATOKEP

Hőmérséklet 10 % - és 90 % -os gyakoriságok [Z]

Szűrés

Mettől: Meddig:

Év: 1984 1991

Nap sorsz.: 1 366

Sugárzás: 0 99

Csap mm: 0 999

Min °C: 99 99

Átlag °C: 99 99

Max °C: 99 99

Számított határértékek:

Tmin <= TN10: TN10 = 5,6

Tmax <= TX10: TX10 = 1,5

Tmin >= TN90: TN90 = 14

Tmax >= TX90: TX90 = 27,9

Év	Tmin <= TN10 [Z]	Tmin <= TN90 [Z]	Tmax >= TX10 [Z]	Tmax >= TX90 [Z]
1984	8	8	8	6
1985	13	14	9	10
1986	13	12	13	17
1987	16	12	8	10
1988	7	7	9	10
1989	7	13	13	8
1990	4	5	7	10
1991	12	12	13	9

*

Képernyő nyomtatása Eredménylista nyomtatása Eredménylista tárolása Kilépés

Hőmérséklet 10%-os és 90%-os gyakoriságok

11. ábra

CSAPADÉK MAXIMUMOK DEB. LATOKEP

Napok száma

Csapadék maximumok havonként

Szűrés

Mettől: Meddig:

Ev: 1984 1984

Nap sorsz.: 1 366

Összegzett napok száma: 2

Év	Hónap	Csapadék maximum mm
1984	1	11
1984	2	6
1984	3	8
1984	4	13
1984	5	32
1984	6	25
1984	7	10
1984	8	44
1984	9	22
1984	10	13
1984	11	24
1984	12	27
1985	1	12
1985	2	11
1985	3	16
1985	4	25
1985	5	33
1985	6	18
1985	7	29
1985	8	40
1985	9	12
1985	10	5
1985	11	38

Képernyő nyomtatása Eredménylista nyomtatása Eredménylista tárolása Kilépés

Csapadékmaximumok havonként (R1D, R5D)

12. ábra

MAXIMÁLIS SZÁRAZ ÉS NEDVES IDŐSZAKOK BUDAPEST

Napok száma

Maximális száraz és nedves időszakok hossza évenként

Szűrés

Mettől: Meddig:

Ev: 1901 1999

Nap sorsz.: 1 366

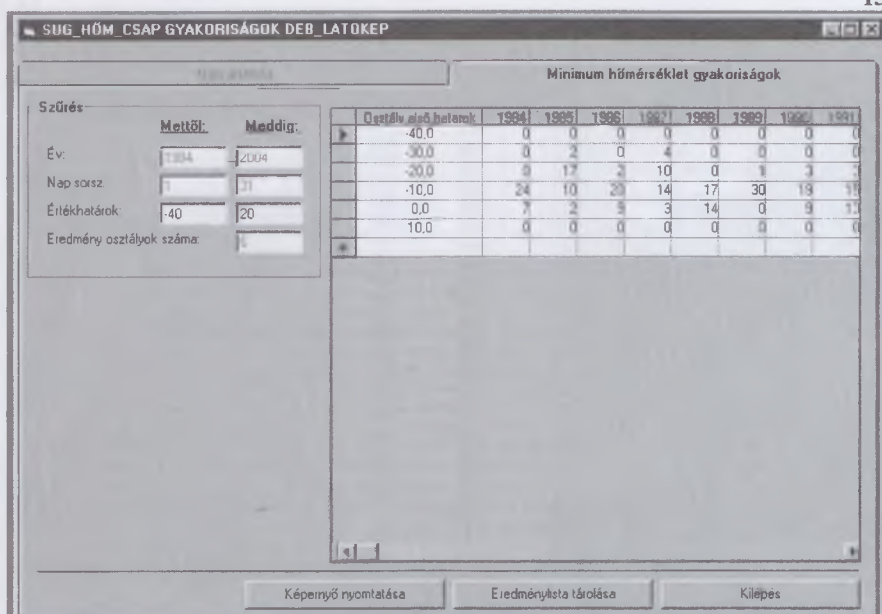
Leesett csapadék határ mm:

Év	Csapadékiérv max naposz	Csapadékos max naposzmm
1901	19	5
1902	28	4
1903	27	5
1904	39	6
1905	19	6
1906	26	5
1907	39	7
1908	25	5
1909	19	5
1910	34	6
1911	24	7
1912	19	6
1913	50	5
1914	29	4
1915	15	6
1916	19	4
1917	26	7
1918	27	7
1919	25	10
1920	16	6
1921	39	6
1922	26	5
1923	24	7

Képernyő nyomtatása Eredménylista nyomtatása Eredménylista tárolása Kilépés

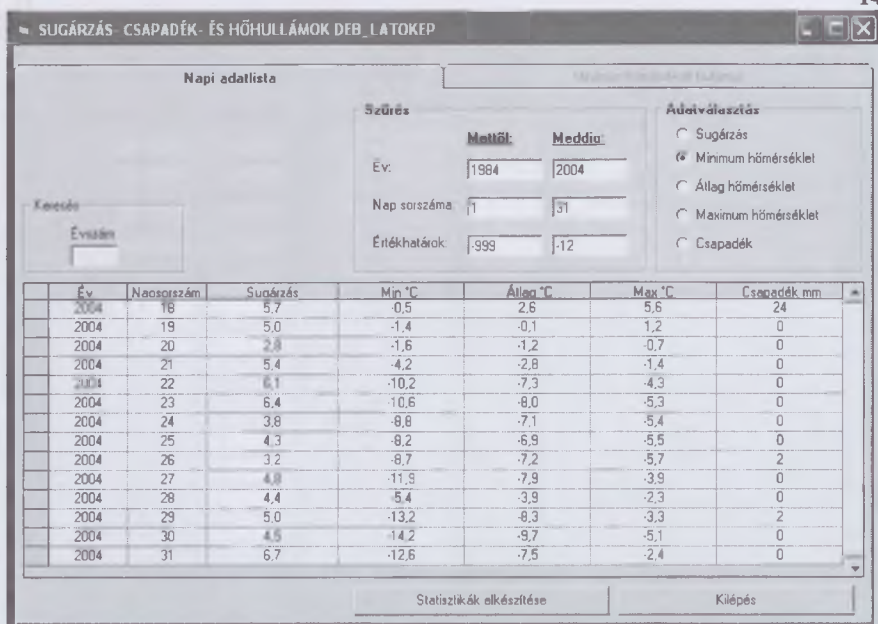
Maximális száraz és nedves időszakok (CDD, CWD)

13. ábra



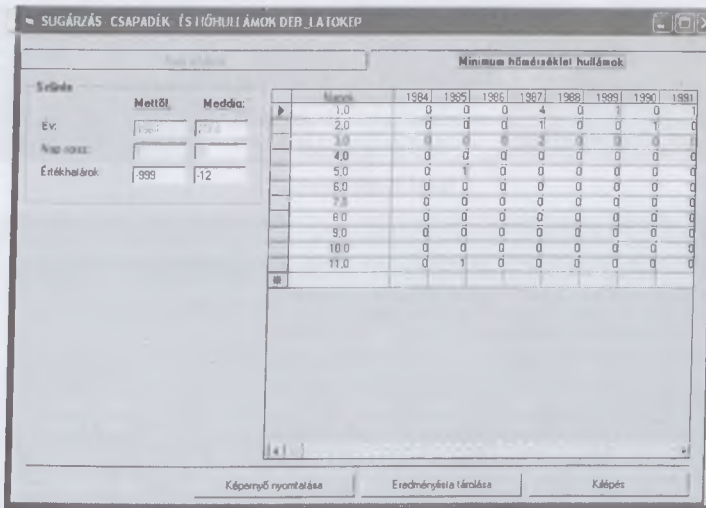
Sugárzás-, hőmérséklet- és csapadékeloszlások, Debrecen, Látókép

14. ábra



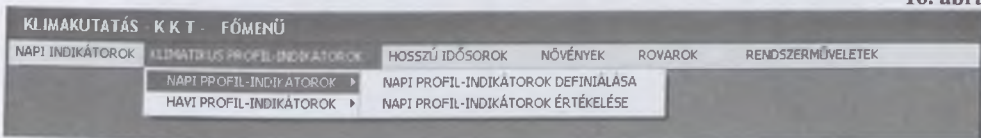
Sugárzás, csapadék és hőhullámok, Debrecen, Látókép

15. ábra



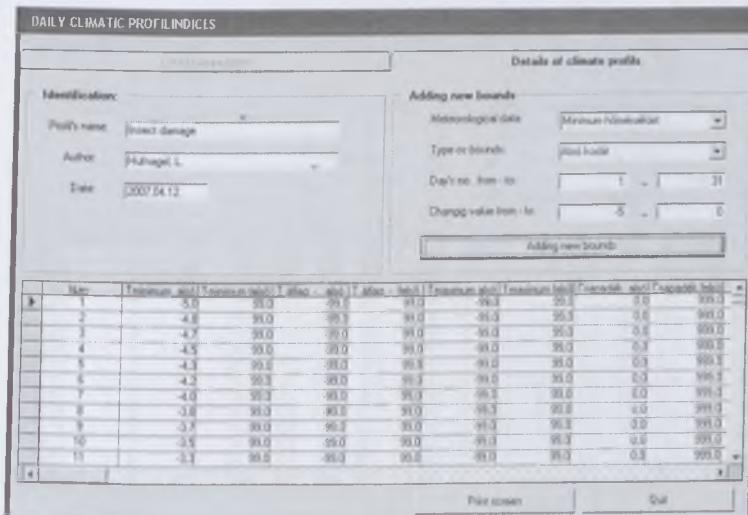
Minimumhőmérséklet-hullámok, Debrecen, Látókép

16. ábra



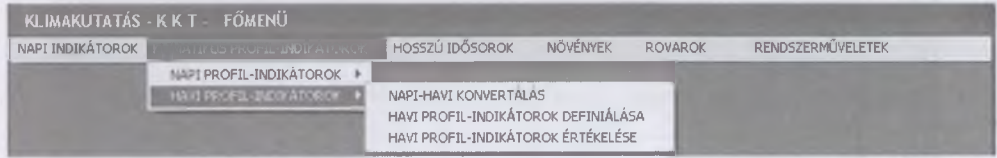
Klimatikus profil-indikátorok

17. ábra



Napi profil-indikátor

18. ábra



Napi indikátorok

19. ábra

HÁVI KLIMATIKUS PROFIL INDIKÁTOROK

A klimatikus profil megnevezése: Lepkepopuláció növekedés

Klimatikus profilok részletes adatai

Hónap	T _{min} től - ig	T _{átlag} től - ig	T _{max} től - ig	Csapadék től - ig
Január	-99 99	5 99	-99 99	0 999
Február	-99 99	0 99	-99 99	0 999
Március	-99 99	5 99	-99 99	0 999
Április	-99 99	10 99	-99 99	0 999
Május	-99 99	10 99	-99 99	0 999
Június	-99 99	10 99	-99 99	0 999
Július	-99 99	10 99	-99 99	0 999
Augusztus	-99 99	10 99	-99 99	0 999
Szeptember	-99 99	10 99	-99 99	0 999
Október	-99 99	10 99	-99 99	0 999
November	-99 99	10 99	-99 99	0 999
December	-99 99	0 99	-99 99	0 999

Képernyő nyomtatás Képek

Havi indikátorok

20. ábra

HÁVI PROFILOK KIÉRTÉKELÉSE DEB_LÁTÓKÉP

Éves és havi profilok teljesítése

Aktuális klimatikus profil-indikátor: Lepkepopuláció növekedés

Szűrés: Mettől: Meddig: É: Hónap kivétel: [] []

Év	Hónap	T _{min}	T _{átl}	T _{max}	Csapadék
1984	1				
1984	2				
1984	3		Mo		
1984	4				
1984	5				
1984	6				
1984	7				
1984	8				
1984	9				
1984	10				
1984	11				
1984	12				
1985	1		Mo		
1985	2		Mo		
1985	3		No		
1985	4		No		
1985	5				
1985	6				
1985	7				
1985	8				
1985	9				
1985	10		Mo		
1985	11				

Képernyő nyomtatása Eredménylista nyomtatása Eredménylista törlése Képek

Havi profilok értékelése, Debrecen, Látókép

21. ábra

KIIMAKUTATÁS - KKT - FŐMENÜ

NAPI INDIKÁTOROK KLIMATIKUS PROFIL-INDIKÁTOROK HOSSZÚ IDŐSOROK NÖVÉNYEK ROVAROK RENDSZERMŰVELETEK

HOSSZÚ ADATSOROK LEKÉRDEZÉSE
MAGYARORSZÁG FÖLDRAZSI KOORDINÁTÁI

Hosszú idősorok

22. ábra

MONTHLY METEOROLOGICAL DATA 1901_2000_PRE (mm)

List

Filtering

From: 1 To: 2000 From: 34 ° 5' To: 17 ° 55'

Typical latitude: 1 Typical longitude: 1 Year: 1901 2000 Start Month

Latitude	Longitude	Year	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1	35	1901	153.3	115.0	93.0	49.2	7.4	1.1	0.4	0.4	32.1	55.2	85.3	141.7
1	35	1902	36.4	145.0	27.5	74.2	16.9	3.4	1.8	2.4	2.8	51.2	126.8	92.4
1	35	1903	52.3	18.6	31.9	65.5	38.8	7.7	0.1	0.4	6.8	24.8	37.4	178.3
1	35	1904	109.0	129.3	87.3	104.8	13.4	10.7	0.1	0.4	46.4	24.5	48.3	76.3
1	35	1905	56.7	35.7	30.8	38.8	38.0	4.4	0.4	0.4	2.4	30.5	187.2	48.6
1	35	1906	44.4	38.1	39.1	86.5	44.8	8.6	1.1	3.4	6.3	36.8	56.5	113.4
1	35	1907	58.2	43.1	17.4	33.8	9.8	-1.7	0.1	0.7	23.7	54.5	82.0	73.0
1	35	1908	88.8	37.7	51.4	41.2	6.4	13.0	0.1	0.7	0.5	12.8	39.6	84.0
1	35	1909	61.4	62.7	109.8	58.5	21.4	-0.6	0.1	0.4	5.4	41.1	145.2	75.8
1	35	1910	38.2	27.0	35.5	38.2	100.4	0.4	0.1	0.4	-1.8	38.2	98.2	153.5
1	35	1911	36.8	38.9	105.4	62.2	18.8	2.4	0.1	2.4	0.8	30.2	36.5	64.3
1	35	1912	244.8	192.7	36.4	73.4	5.2	2.7	0.8	0.3	23.1	88.9	22.3	70.0
1	35	1913	51.1	61.8	48.8	61.4	28.1	-1.5	0.1	0.3	3.4	38.8	15.9	64.8
1	35	1914	131.7	70.0	38.0	33.8	8.3	0.2	0.4	0.3	-2.5	26.3	226.1	286.2
1	35	1915	138.0	33.8	59.3	33.8	18.1	2.5	0.8	0.3	0.5	43.0	82.7	362.5

Average by year Average by grid Plot screen Store data Quit

Hosszú adatsorok lekérdezése

23. ábra

MONTHLY METEOROLOGICAL DATA 1901_2000_PRE (mm)

List

Filtering

From: 1 To: 2000 From: 34 ° 5' To: 17 ° 55'

Typical latitude: 1 Typical longitude: 1 Year: 1901 2000 Start Month

Latitude	Longitude	Year	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1	35	1901	153.3	115.0	93.0	49.2	7.4	1.1	0.4	0.4	32.1	55.2	85.3	141.7
1	35	1902	36.4	145.0	27.5	74.2	16.9	3.4	1.8	2.4	2.8	51.2	126.8	92.4
1	35	1903	52.3	18.6	31.9	65.5	38.8	7.7	0.1	0.4	6.8	24.8	37.4	178.3
1	35	1904	109.0	129.3	87.3	104.8	13.4	10.7	0.1	0.4	46.4	24.5	48.3	76.3
1	35	1905	56.7	35.7	30.8	38.8	38.0	4.4	0.4	0.4	2.4	30.5	187.2	48.6
1	35	1906	44.4	38.1	39.1	86.5	44.8	8.6	1.1	3.4	6.3	36.8	56.5	113.4
1	35	1907	58.2	43.1	17.4	33.8	9.8	-1.7	0.1	0.7	23.7	54.5	82.0	73.0
1	35	1908	88.8	37.7	51.4	41.2	6.4	13.0	0.1	0.7	0.5	12.8	39.6	84.0
1	35	1909	61.4	62.7	109.8	58.5	21.4	-0.6	0.1	0.4	5.4	41.1	145.2	75.8
1	35	1910	38.2	27.0	35.5	38.2	100.4	0.4	0.1	0.4	-1.8	38.2	98.2	153.5
1	35	1911	36.8	38.9	105.4	62.2	18.8	2.4	0.1	2.4	0.8	30.2	36.5	64.3
1	35	1912	244.8	192.7	36.4	73.4	5.2	2.7	0.8	0.3	23.1	88.9	22.3	70.0
1	35	1913	51.1	61.8	48.8	61.4	28.1	-1.5	0.1	0.3	3.4	38.8	15.9	64.8
1	35	1914	131.7	70.0	38.0	33.8	8.3	0.2	0.4	0.3	-2.5	26.3	226.1	286.2
1	35	1915	138.0	33.8	59.3	33.8	18.1	2.5	0.8	0.3	0.5	43.0	82.7	362.5

Average by year Average by grid Plot screen Store data Quit

Térbeli és időbeli lehatárolás

24. ábra

GEOGRAPHICAL LATITUDE AND LONGITUDE IN HUNGARY

Filtering

From: To: From: To:

Geogr. latitude: 46 0' 21" 71 0' 55" Tyndall latitude: 74.6 228

Geogr. longitude: -10 0' 55" 31 0' 55" Tyndall longitude: 1 258

Search:

Start filtering

Settlement	County	Latitude_start	Latitude_min	Longitude_start	Longitude_max
Munkácsfővár	Zala	46	21	16	52
Iharosberény	Somogy	46	21	17	6
Kiskölpad	Somogy	46	21	17	36
Kaposfü	Somogy	46	21	17	39
Kaposmér	Somogy	46	21	17	42
Kaposújék	Somogy	46	21	17	43
Kaposvár	Somogy	46	21	17	47
Kaposhomok	Somogy	46	21	17	55
Bata	Somogy	46	21	17	57
Mosdos	Somogy	46	21	17	59
Nagyberki	Somogy	46	21	18	0
Szabad	Somogy	46	21	18	1
Magocs	Beranya	46	21	18	13
Mucsfa	Tolna	46	21	18	25
Kelethalom	Bács-Kiskun	46	21	19	16
Kunfehértó	Bács-Kiskun	46	21	19	24
Balogsszállás	Bács-Kiskun	46	21	19	32

Print screen Store data Quit

Földrajzi koordináták

25. ábra

KLIMAKUTATÁS - K K T FŐMENÜ

NAPI INDIKÁTOROK KLIMATIKUS PROFIL-INDIKÁTOROK HOSSZÚ IDŐSOROK NÖVÉNYEK ROVAROK RENDSZERMŰVELETEK

NÖVÉNYEK

- BÚZA
- KUKORICA
- ÁRPA
- SZŐLŐ
- SZŐLŐ INDIKÁTOROK ▶

Növények adatai

26. ábra

Az aktuális növény alaptáblázat kiválasztása

Válassza ki az alábbi listából a feldolgozandó táblázatot:

1. BARANYA
2. BÁC S KISKUN
3. BÉKÉS
4. BORSÓD
5. CSONGRÁD
6. FEJÉR
7. HAJDÚ-SZABOLCS
8. HAJDÚ-BIHAR
9. HEVES
10. KOMÁROM
11. NÓGRÁD
12. PEST
13. SOMOGY
14. SZABOLCS

Válassz

Búza adatai

27. ábra

KUKORICA IDŐSOR Szolnok 1922 - 2005

Kérem:

Szűrés

Év	Terület ha	Mennyiség tonna	Termettség kg/ha
1922	77375	71379	920
1923	79837	77408	970
1924	78354	136084	2440
1925	83836	159319	1840
1926	80229	149667	1700
1927	84484	130091	1480
1928	83343	82056	980
1929	85312	126344	1480
1930	86633	86846	1150
1931	90754	107061	1190
1932	96950	186291	1940
1933	92526	131284	1420
1934	97467	181060	1860
1935	93752	98373	1050
1936	97952	208804	2130
1937	99981	199244	1990
1938	98226	138114	1400

Kéremény nyomatása Eredménylista nyomatása Eredménylista törlése

Kukorica idősorok

28. ábra

HŐEGYENÉRTEK	ROWAROK	RENDSZERHŐMÉLET
BÚZA		
KUKORICA		
ÁRPA		
SZŐLŐ		
SZŐLŐ INDIKÁTOROK		
		HAVI HŐEGYENÉRTÉKEK (DD)
		ÉVES HASZNOS HŐEGYENÉRTÉK (BEDD)
		FÖLDRAJZI SZÉLESSÉG JÚL HŐMÉRSÉKLETI INDEX (LTT)
		ÁPR - OKT HŐEGYENÉRTÉK ÖSSZEG (HDD)
		ÉVES CSAPADÉKÖSSZEG (AR)
		JÚLIUSI ÁTLAGHŐMÉRSÉKLET (MJT)
		TÉLI MINIMUMHŐMÉRSÉKLET DEC - FEB (WMT)
		SZÜRETI JÚN-SZEPT MAX. HŐMÉRSÉKLET ÁTLAG (HMT)
		NYÁRI CSAPADÉKMENNYISÉG (SR)
		NAPI HŐMÉRSÉKLETINGADOZÁS ÁTLAG (MDR)
		JÚLIUSI MAXIMÁLIS HŐM. ELTÉRÉS (DR)
		KONTINENTALITÁS JÚL TÁTL - JAN TÁTL (CO)
		TAVASZI ÁPR - MÁJ FAGYINDEX (SFI)
		TENYÉSZIDEI ÁPR - OKT CSAPADÉK (NRD)
		SZÜRET ELŐTTI 30 NAP CSAPADÉKA (RMR)
		NAPOS ÓRÁK SZÁMA (SH)

Szőlő indikátorok

29. ábra

SZŐLŐTERMESZTÉS HAVI HŐEGYENÉRTÉKEK GYOR_SC_UKTR31

Havi hasznos hőegyenértékek

Szűrés

Mettől: Meddig:

Év: 1 21

Hó: 01 12

Nap: 01 31

Év	Hónap	Havi átlaghőm	Napok száma	Havi hőegyenért.
1	1	0,5	31,0	0,0
1	2	2,0	28,0	0,0
1	3	6,9	31,0	0,0
1	4	11,4	30,0	42,9
1	5	14,9	31,0	152,4
1	6	20,7	30,0	320,7
1	7	20,0	31,0	311,5
1	8	21,2	31,0	348,3
1	9	17,2	30,0	215,0
1	10	14,9	31,0	150,5
1	11	12,4	30,0	71,6
1	12	0,3	31,0	0,0
2	1	-2,3	31,0	0,0
2	2	4,9	28,0	0,0
2	3	6,1	31,0	0,0
2	4	8,6	30,0	0,0
2	5	15,0	31,0	181,0
2	6	21,0	30,0	329,8
2	7	21,3	31,0	350,6
2	8	22,5	31,0	388,5
2	9	18,7	30,0	259,6
2	10	12,2	31,0	67,1

Képernyő nyomtatása Eredménylista nyomtatása Eredménylista tárolása Kiépés

Szőlő havi hőegyenértékei

30. ábra

KONTINENTALITÁS JUL. T.ÁTL. JAN. T.ÁTL. BUDAPEST

Kontinentalitás Júl. T.Átl - Jan. T.Átl

Szűrés

Mettől: Meddig:

Év: 1901 2000

Hó: 01 12

Nap: 01 31

Év	Januári T.Átl	Júliusi T.Átl	Cont. Júl-Jan. T.Átl
1901	4,9	23,0	27,8
1902	3,4	20,8	17,4
1903	-0,3	21,2	21,5
1904	-1,4	23,7	25,2
1905	-3,4	24,0	27,4
1906	-0,2	22,0	22,2
1907	-1,8	20,3	22,1
1908	-1,8	22,2	24,0
1909	-2,3	20,7	23,0
1910	1,5	20,1	18,6
1911	1,0	21,7	20,7
1912	-3,1	21,1	24,2
1913	-1,9	18,5	20,4
1914	-3,8	20,4	24,2
1915	2,1	20,6	18,4
1916	3,9	20,9	17,0
1917	0,6	22,6	22,0
1918	1,3	21,2	20,0
1919	2,7	19,6	16,9
1920	3,3	22,2	18,9
1921	4,8	22,7	17,9
1922	-1,4	21,5	22,9

Képernyő nyomtatása Eredménylista nyomtatása Eredménylista tárolása Kiépés

Kontinentalitás

31. ábra

KI IMAKUTATÁS KKT - FŐMENÜ
 NAPI INDIKÁTOROK KLIMATIKUS PROFIL-INDIKÁTOROK HOSSZÚ IDŐSOROK NÖVÉNYEK RO RENDSZERMŰVELETEK
 NAPI ADATOK SZÜRÉSE
 HAVI ADATOK SZÜRÉSE
 HAVI STATISZTIKÁK

Rovarak adatsorai

32. ábra

MONTHLY INSECT TRAP STATISTICS

County code: []

Searching: []

Super filter: [] Filter: [] Genus filter: [] Taxon filter: []

Kód	KR	Super	Fam	Genus	Taxon	Kateg
0001	10414	Noctuidae	Lymantidae	Leucoma	salicis	N
0002	10376	Noctuidae	Lymantidae	Lymantia	ospar	N
0003	10395	Noctuidae	Lymantidae	Lymantia	monacha	N
0004	10405	Noctuidae	Lymantidae	Euproctis	chrysothoea	N
0005	8659	Noctuidae	Nolodontidae	Thaumetopoea	processionea	N
0006	8743	Lasiolepididae	Lasiolepididae	Malacosoma	neustria	N
0007	8731	Lasiolepididae	Lasiolepididae	Trichlusa	crataeg	N
0008	8738	Lasiolepididae	Lasiolepididae	Poeciloscampa	populi	N
0009	8752	Lasiolepididae	Lasiolepididae	Diendrochus	pini	N
0010	9005	Diapariidae	Diapariidae	Waltonella	culltrana	N
0011	8808	Sphingidae	Sphingidae	Hyalocis	pinastri	I
0012	8824	Sphingidae	Sphingidae	Laeloh	populi	I
0013	8713	Nyctanthes	Nyctanthes	Furcula	bfida	N
0014	8704	Nyctanthes	Nyctanthes	Canis	vinula	N
0015	8734	Nolodontidae	Nolodontidae	Drymonia	quernea	N
0016	8721	Noctuidae	Nolodontidae	Drymonia	dodonaea	N
0017	8722	Noctuidae	Nolodontidae	Drymonia	ruficornis	N

Making county: [] Making all: [] Delete making: [] Insect statistics: [] Quit: []

Rovarspádák havi statisztikái

33. ábra

MONTHLY INSECT TRAP STATISTICS

County code: []

Yearly results

Faj	E 1961	E 1962	E 1963	E 1964	E 1965	E 1966	E 1967	E 1968	E 1969	E 1970	E 1971	E 1972
0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Éves átlagok: [] Éves maximumok: [] Éves minimumok: [] Képek: []

Rovarfaj évenként és megoszlás

CHANGES IN TEMPERATURE EXTREMES EXPECTED IN THE CARPATHIAN BASIN BY THE END OF THE 21ST CENTURY

By

BARTHOLY, JUDIT – PONGRÁCZ, RITA – GELYBÓ, GYÖRGYI – SZABÓ, PÉTER

KEYWORDS: PRUDENCE, MINIMUM AND MAXIMUM TEMPERATURE, WARMING, HOT DAYS

The PRUDENCE project (funded by the European Union 5th Framework Programme) provides SRES A2 and B2 scenario climate projections for Europe for the final three decades of the 21st century. The applied regional climate models use 50 km horizontal resolution. On the basis of the PRUDENCE simulation results, we summarise the expected change in maximum and minimum temperatures for 2071-2100 for the Carpathian basin, and the expected change of the extreme temperature indices defined using these temperature values. The results of our analysis suggest that temperature increase is evident in the Carpathian basin. Similarly to the global and European trends, this increase is greater in the case of the A2 scenario than in the case of B2. The biggest temperature increase is expected in summer and the smallest in spring. The maximum temperature in summer is likely to increase by 4.9-5.3°C (A2), and 4.0-4.4°C (B2), while the minimum temperature in summer is expected to increase by 4.2-4.8°C (A2), and 3.5-4.0°C (B2). The expected increase in minimum temperature is smaller than that of the maximum temperature. Analysis of the extreme temperature indices suggests that the second half of the 20th century can be separated into two sub-periods (1961-1975 and 1976-2001), characterised by different trends. Predominantly, a cooling tendency can be detected in the earlier sub-period, while a warming tendency is detectable in the last quarter of the century. These changes are expected to increase by the end of the 21st century. A significant increase is particularly expected in the case of the following extreme indices: number of hot days (by 91%), warm days (by 116%), warm nights (by 120%), extremely hot days (by 250%), and hot nights (by 625%). Evidently, the climate projections of the PRUDENCE simulations cannot replace detailed regional climate analysis of the entire 21st century using dynamical regional climate models. However, until these detailed projections are available, the presented summary of the expected trends of extreme temperature may be used as a basis for impact studies and for adaptation strategies.

INVESTIGATION OF THE STOCHASTIC BEHAVIOUR OF HEAT WAVES AND TEMPERATURE

By

RÉVÉSZ, ANDRÁS – SZENTELEKI, KÁROLY

Keywords: Heat waves, Temperature, Duration

One of the most significant negative effects of climate change may be the proliferation of heat waves, which has as yet received little attention. As is well known, there have been a number of heat waves recently that have had tragic consequences. It is not only administrative and national healthcare problems that lie behind these tragedies; the fact that this order of heat wave was not previously characteristic has also played a significant part. In the course of our investigations it became apparent that in so far as the currently known scenarios materialise, then significantly longer and higher temperature heat waves can be expected than to date. It is possible that events, which are currently defined as heat waves, could last all summer and while this may not occur generally, the current heat waves' length and intensity can both still be expected to multiply. Taking into account data from the running of certain models, we can count on events that exceed the 20th century's hottest heat waves by up to 12°C. In this study we review the methodology of defining heat waves and alongside traditional measurements we introduce two methods that diverge from the traditional; the minimum- and maximum-temperature heat waves. We specifically present the way in which this approach differs from general usage, as well as what other information it provides. In contrast to studies that construe the accustomed events we prepared an analysis in which heat waves can be investigated from the point of view of the aggregate development of two variables, temperature and duration, enabling their classification by both length and intensity.

IMPORTANCE OF ADAPTABLE TILLAGE IN SOIL CONSERVATION AND CLIMATE DAMAGE MITIGATION

By

BIRKÁS, MÁRTA – JOLÁNKAI, MÁRTON – STINGLI, ATTILA – BOTTLIK, LÁSZLÓ

Keywords: soil tillage, soil conservation, mulching, moisture, carbon flux

The problems studied in a stubble climate trial of tillage variants are rather timely and include: soil looseness, depth and method of soil disturbance, quality of surface preparation and surface cover impacts on soil water transport, soil workability, aggregation, and biological life - namely the climate-damage mitigation level of the soil state.

In the course of the experimental work, new terms were created, e.g. climate-stress, which can occur in soils as a result of both long-term hot weather and severe abundant showers. The other term is climate-risk, which expresses the probable consequences of soil condition defects before and after tillage.

The mitigation of climate-stress requires that strict steps are followed during soil tillage, particularly during summer tillage. These steps are: 1. prevention of pan-compaction or

alleviation of a soil state that limits water transport; 2. shallow or strip disturbance during summer; 3. prevention of clod and dust formation to decrease soil sensitivity to climate; 4. creation of a smooth surface to minimise water-loss; 5. adequate mulching of the surface. Climate-damage mitigating soil tillage includes the absence of pan-compaction, as well as aggregation conservation, aggregation promotion, leaving a minimal water-loss surface, and 35-45 percent surface coverage after soil disturbance. However, habitual ploughing in the summer creating a clean, large and deep water-loss state is particularly unsuitable for the mitigation of any climate-stress.

EXPECTED CHANGES IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF MAIZE GROWING BASED ON A B2 SCENARIO

By
GAÁL, MÁRTA

Keywords: climate change, B2 scenario, HadCM3, corn

The present work is based on the Hadley Centre's HadCM3 model with the B2 emission scenario. Climatic conditions of maize growing in Hungary were examined in two time periods: 2011–20 and 2031–40. This type of GIS analysis has not yet been carried out for the whole country, because the 10' spatial resolution data set applied has only recently become available.

The scenario data set contains monthly data – temperature and precipitation – which was a limiting factor of this work. There was no possibility of analysing, for example, the risk of spring frost, summer hot days or extreme precipitation events.

Based on the longer potential vegetative period and increasingly effective heat units, it would be possible in the near future to grow varieties with 2–3 further FAO groups, but precipitation will be a serious limiting factor. In the 2011–20 period changes are greater in Transdanubia, while in 2031–40 they are greater in the eastern part of the country. The unfavourable effects of increasing temperature and decreasing precipitation could be well characterised by *Ángyán's* aridity index, but later we plan to analyse the changes in evapotranspiration values.

THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE GROWING PERIODS OF WINTER WHEAT

By
ERDÉLYI, ÉVA

Keywords: winter wheat, phenological phases, climate needs, climate scenarios

Information about the weather and predicting the potential climate change is of great importance all over the world. It also has an overall impact on agricultural production. Climate – especially temperature and precipitation – basically determines most agricultural produc-

tion. The tendency of a potential global climate change is still not obvious, but the most accepted models predict warming and an increase in extreme weather events. They predict very high variability of the amount and frequency of precipitation. Temperature increase and less precipitation would probably lead to decreased yields. While living under changing climate conditions, one of our most urgent tasks is to define the optimal preparation and response strategies to the conditions under change. We wanted to see what we might expect in field crop production in the future by analysing the precipitation and temperature needs of winter wheat. We wanted to see the effects of climate change by analysing the most important periods of growing. The temperature and precipitation needs of winter wheat were examined through the most important phenological phases of the plant. We used six of the most acceptable, different climate scenarios (BASE, GFDL2535, GFDL5564, UKHI, UKLO, UKTR) containing daily temperature and precipitation data for 31 years. We examined whether the needs of winter wheat will be satisfied or not, by comparing the results of these scenarios with the observed meteorological data of the reference period 1960-1990. Our aim was also to analyse the climate needs of the plant for quantity and quality parameters. Debrecen - the basic object of our calculations - is an important centre of agricultural production in Hungary, so we would like to interpret the results from this perspective.

CLIMATE CHANGE AND THE SUSTAINABILITY OF SETTLEMENTS

By
CSETE, MÁRIA

Keywords: climate change, integrated adaptation, sustainability, area and settlement development

The triangle of climate change–sustainability–settlement development can be characterised by taking into account the current situation, spatial aspect, the holistic approach, presence at different levels (global, regional, local), as well as the relationship between natural, social and economic conditions. It follows that adaptation to climate change can also not be solved independently, but only in connection with the endeavours and programmes mentioned. It also makes sense to follow this route, because the EU is not running a separate climate programme; rather, it wishes to integrate environmental protection and adaptation with other, existing programmes.

Balancing the content and levels of sustainability, it is to be hoped based on our investigations to date that the local level is the one where progress is perhaps easier, as sustainable development and the related wide-ranging validation of adaptation, is a vital question for those living in individual settlements and small regions. Adaptation at local level requires that the various adaptation solutions connect with the various programmes and grant opportunities.

It is necessary, in the interests of validating this, to get to know and continuously follow EU and domestic resolutions and programmes, particularly regarding area and settlement development and sustainability.

In the interests of understanding the actual situation, we surveyed local opinion on adaptation to climate change in six settlements in the environs of Tisza-tó. We then made a recommendation on the development of a template model of sustainability activities for na-

tional utilisation, based on the preparations of local societies in the Tisza-tó area for adaptation to climate and weather change. The model makes it clear for those affected locally just how many things in a settlement will be affected by potential climate change, thereby encouraging understanding and practical implementation. The adapted model can be tried out at the local level in the interests of avoiding panic due to the advent of something unexpected or surprising. Achieving adaptation to the expected effects of climate change depends fundamentally on how far a local community can connect and integrate their efforts with the various, promulgated programmes. This is underlined and strengthened by the lack of resolution of the Roma question in the settlements examined.

MANAGEMENT SYSTEMS OF THE SO-CALLED ENVIRONMENT-RISK-SOCIETY CLIMATE RESEARCH DATABASE

By
SZENTELEKI, KÁROLY

Keywords: climate research, information system, decision support, risk analysis

The basic aim of developing the KKT (Environment-Risk-Society) database and its related query programme system was to collect together databases related to research into the risks and economic and social impact of climate change, being conducted in the Mathematics and Informatics Department of Corvinus University. Also, to create and support the basis for theoretical investigations. The joint database spares individual members of the research group the task of having to explore each of the diversified data sources separately and then having to select and work out the occasionally complicated conversion processes. The programme system connected to the database ensures a review of the complete central database, the carrying out of data filtration and selection based on optional viewpoints, and the conduct of analyses requiring lengthy run-times, or which cannot be carried out using the usual statistical tools and, therefore, assume the writing of special programmes.

CONTENTS

<i>Harnos Zsolt</i> : Foreword	2
<i>Bartholy, Judit – Pongrácz, Rita – Gelybó, Györgyi – Szabó, Péter</i> : Changes in temperature extremes expected in the Carpathian Basin by the end of the 21st century .	3
<i>Révész, András – Szenteleki, Károly</i> : Investigation of the stochastic behaviour of heat waves and temperature	18
<i>Birkás, Márta – Jolánkai, Márton – Stingli, Attila – Bottlik, László</i> : Importance of adaptable tillage in soil conservation and climate damage mitigation	34
<i>Gaál, Márta</i> : Expected changes in the climatic conditions of maize growing based on a B2 scenario	48
<i>Erdélyi, Éva</i> : The effects of climate change on the growing periods of winter wheat ...	57
<i>Csete, Mária</i> : Climate change and the sustainability of settlements	71
<i>Szenteleki, Károly</i> : Management systems of the so-called environment-risk-society climate research database	89
Summary	116

SZÁMUNK SZERZŐI

- Bartholy Judit**, az ELTE Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A, Tel.: 209-0555/6605, Fax: 372-2904, E-mail: bari@ludens.elte.hu)
- Birkás Márta**, a SZIE Növénytermesztési Intézet egyetemi tanára (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28-522-000/1674, Fax: 28-410-804, E-mail: Birkas.Marta@mkk.szie.hu)
- Bottlik László**, a SZIE Növénytermesztési Intézet PhD hallgatója (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28-522-000/1669, Fax: 28-410-804, E-mail: Bottlik.Laszlo@mkk.szie.hu)
- Csete Mária**, a BME Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar Környezetgazdaságtan Tanszék PhD hallgatója (1111 Budapest, Sztoczek József u. 2., Tel.: 463-4030, Fax: 463-1149, E-mail: csete@eik.bme.hu)
- Erdélyi Éva**, a BCE Kertészettudományi Kar Matematika és Informatika Tanszék egyetemi adjunktusa (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6179, Fax: 466-9273, E-mail: eva.erdelyi@uni-corvinus.hu)
- Gaal Márta**, a BCE Kertészettudományi Kar Matematika és Informatika Tanszék egyetemi docense (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6192, Fax: 466-9273, E-mail: marta.gaal@uni-corvinus.hu)
- Gelybó Györgyi**, az ELTE Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék PhD hallgatója (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A, Tel.: 209-0555/6617, Fax: 372-2904, E-mail: gyoresz@elte.hu)
- Harnos Zsolt**, a BCE Kertészettudományi Kar Matematika és Informatika Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6261, Fax: 466-9263, E-mail: zsolt.harnos@uni-corvinus.hu)
- Jolánkai Márton**, a SZIE Növénytermesztési Intézet egyetemi tanára, intézetigazgató (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28-522-000/1671, Fax: 28-410-804, E-mail: Jolankai.Marton@mkk.szie.hu)
- Pongrácz Rita**, az ELTE Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék adjunktusa (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A, Tel.: 209-0555/6615, Fax: 372-2904, E-mail: prita@elte.hu)
- Révész András**, a BCE Kertészettudományi Kar Matematika és Informatika Tanszék egyetemi tanársegéde (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6181, Fax: 466-9273, E-mail: andras.revesz@uni-corvinus.hu)
- Stingli Attila**, a SZIE Növénytermesztési Intézet egyetemi tanársegéde (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28-522-000/1669, Fax: 28-410-804, E-mail: stingli.attila@mkk.szie.hu)
- Szabó Péter**, az ELTE Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék egyetemi hallgatója (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A, Tel.: 372-2945, Fax: 372-2904, E-mail: szabpet83@gmail.com)
- Szenteleki Károly**, a BCE Kertészettudományi Kar Matematika és Informatika Tanszék egyetemi docense (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6263, Fax: 466-9273, E-mail: karoly.szenteleki@uni-corvinus.hu)